NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 08403381 4

Digitized by Google

Fischer

PAB

Digitized by Google

Geschichte
der
Physik
seit der Wiederherstellung der Künste und Wissenschaften bis auf die neuesten Zeiten

von

Johann Carl Fischer,
der Philosophie Prof. zu Jena und verschied. gelehrten Gesellschaften Ehrenmitgliede.

Sechster Band.

Mit sechs Kupfertafeln.

Göttingen,
bey Johann Friedrich Röwer.
1805.

Geschichte
der
Künste und Wissenschaften
seit der Wiederherstellung derselben bis an das Ende des achtzehnten Jahrhunderts.

Von
einer Gesellschaft gelehrter Männer
ausgearbeitet.

Achtzehnte Lieferung;
enthält
Geschichte der zeichnenden Künste
von
J. D. Fiorillo.
Dritten Bandes Zweyte Hälfte.
und
Geschichte der Physik
von
Joh. Carl Fischer.
Sechster Band.

Göttingen,
bey Johann Friedrich Röwer.
1805.

Ihro
des Herzogs und Fürsten
zu Lübeck
Peter Friedrich Ludwig
von
Holstein-Oldenburg
Hochfürstlichen Durchlaucht

unterthänigst gewidmet.

An die

Herren Pränumeranten

der

Geschichte

der

Künste und Wissenschaften.

Nach der bey der 17ten Lieferung abgelegten Berechnung soll die 18te Lieferung bestehen aus = = 76 Bogen.

Ich liefere davon jetzt:

Fiorillo Gesch. d. zeichn. Künste. 3. Bd. 2. Hlfte	$22\frac{1}{2}$ Bogen.
Fischer Gesch. d. Physik. 6. Bd. (mit 6 Kupf.)	59 =
Summa	$81\frac{1}{2}$ Bogen.

Mithin wird die folgende (19te) Lieferung, welche zu Ostern 1806 ausgegeben werden wird, aus $86\frac{1}{2}$ Bogen bestehen müssen.

Göttingen am 6. October. 1805.

J. F. Röwer.

Dritte Epoche.

Geschichte der Physik seit Priestley's Entdekkungen der verschiedenen Gasarten bis auf die neuesten Zeiten.

Bisher hatten zwar alle Theile der Physik außerordentliche Fortschritte gemacht, wie die erzählte Geschichte zur Genüge beweißt; allein die eigentlichen Physiker, welche alle diese Fächer bearbeitet hatten, hatten sich zu wenig mit der Chemie beschäftigt, um mit Gewißheit einzusehen, daß in der Natur eine beträchtliche Menge der wichtigsten Naturbegebenheiten durch chemische Prozesse erfolgt, und daß besonders unsere Atmosphäre eine wahre chemische Werkstätte im Großen ausmacht, desjenigen, was in unserer Erde geschieht, nicht zu gedenken. Es war daher eine wirklich sehr große Lücke in allen damahligen Naturlehren. Priestley's neuere Entdeckungen in der Lehre der verschiedenen Gasarten und ihrer Eigenschaften machten den Mangel chemischer Kenntnisse in der Physik ungemein fühlbar, ob sie gleich anfänglich ganz allein der Chemie überlassen wurden. Noch Erxleben suchte dadurch auszuweichen, daß er die ganze Lehre von den Gasarten

ten ausschloß, und der Chemie vorbehielt. Allein der Einfluß dieser Lehre auf das System der Physik war zu merklich, besonders da man auch anfieng, chemische Erklärungen von der Auflösung des Wassers in der Luft und der davon abhangenden Lufterscheinungen zu geben, und man sahe sich daher genöthigt, sie und mit ihr die nöthigen Vorkenntnisse aus der Chemie und Mineralogie in den Umfang der eigentlichen Physik mit aufzunehmen. Diejenigen, welche hiezu den ersten Schritt thaten, waren die beyden noch jetzt allgemein geliebten deutschen Gelehrten, Karsten [a]) und Lichtenberg [b]). Der Erstere verfiel aber hiebey auf den Plan, die mathematischen Lehren der Physik zu entreißen, nicht bloß ihrer Weitläuftigkeit halber, sondern vorzüglich aus dem Grunde, weil sich die eigentliche Physik nicht mit Quantitäten, sondern mit Qualitäten beschäftige, und weil es selbst ganz wider die Methode sey, einerley Lehren zugleich zur angewandten Mathematik und zur Physik zu rechnen, und in zweyerley Vorlesungen eben dasselbe unter verschiedenen Namen zu lehren. Allein Karsten selbst hat diesen Plan in den ersten acht Abschnitten seiner Anleitung nicht befolgt, indem er darin vieles vorgetragen hat, was hiernach ganz hätte wegbleiben sollen.

Dagegen hat Hr. Scheibel auf Veranlassung einer von der fürstl. jablonowskischen Societät der Wissenschaften zu Leipzig aufgegebenen Preisfrage [c]) behaup-

a) Anleitung zur gemeinnützlichen Kenntniß der Natur. Halle 1783. 8.

b) Anfangsgründe der Naturlehre von Erxleben. Dritte Ausgabe. Göttingen 1784. 8.

c) Super quaestionibus de philosophiae naturalis ambitu limi-

hauptet, daß die mathematische Betrachtung von der Kenntniß der allgemeinen Eigenschaften und Veränderungen der Körper unzertrennlich sey, und in der Physik beybehalten werden müsse, wenn der Unterricht in selbiger nicht zu einem Spielwerke mit Versuchen herabsinken solle. Eine besondere angewandte Mathematik gebe es gar nicht; was man so nenne, sey daher entstanden, weil es bequem sey, die Auflösung arithmetischer und geometrischer Probleme, welche bey den physikalischen Untersuchungen vorkommen, von den letztern zu trennen, wie z. B. die Betrachtung des Weges geworfener Körper, die Höhenmessung mit dem Barometer u. d. gl. Was die Chemie betrifft, so rechnet er zwar die von der Natur selbst bewirkten Auflösungen und Zusammensetzungen zur Physik; die künstlichen aber will er gänzlich davon getrennt, und nur ihre Folgen, als Lehrsätze, in die besondere Physik aufgenommen wissen. Karsten hat noch kurz vor seinem Tode in einem eignen Aufsatze [d]) die Ausschließung der Mathematik aus der Physik vollständig aus einander zu setzen, und zu rechtfertigen gesucht. Allein so viele Gründe er auch für seine Meynung beygebracht hat, so ist doch die Ausschließung der Mathematik von der Physik keinesweges zuzulassen. Denn beynahe alle Versuche und Beobachtungen erfordern mathematische Bestimmungen, und die aus selbigen abgeleiteten Gesetze können ohne Mathematik gar nicht vollständig und

limitibus et systemate; in Actis societatis Jablonovianae. T. VI. p. 183 sqq.

d) Vom eigentlichen Gebiet der Naturlehre, in seinen physisch-chemischen Abhandlungen. Heft I. Halle 1786. 8.

und bestimmt dargestellt werden. Die Naturgesetze beruhen aber bloß auf den Kräften der natürlichen Körper, nämlich, wie auch selbst die Atomistiker annehmen müssen, auf Anziehung und Zurückstoßung; daher müssen sie alle mittelst der Construktion der Begriffe hergeleitet, d. h. mathematisch bestimmt werden. Der unsterbliche Kant [c]) beweißt sogar, daß in jeder besondern Naturlehre nur so viel eigentliche Wissenschaft angetroffen werden kann, als darin Mathematik anzutreffen ist. Denn die eigentliche Physik erfordert einen reinen Theil, welcher dem empirischen zum Grunde liegt, und einen angewandten, welcher bloß auf Erkenntniß der Naturdinge a priori beruht. Nun, sagt Kant, etwas a priori erkennen, heißt, es aus seiner Möglichkeit erkennen. Die Möglichkeit bestimmter Naturdinge kann aber nicht aus ihren bloßen Begriffen erkannt werden; denn aus diesen kann zwar die Möglichkeit des Gedankens (daß er sich selbst nicht widerspreche), aber nicht des Objekts, als Naturdinges, erkannt werden, welches außer dem Gedanken (als existirend) gegeben werden kann. Also wird, um die Möglichkeit bestimmter Naturdinge, mithin um diese a priori zu erkennen, erfordert, daß die dem Begriffe correspondirende Anschauung a priori gegeben werde, d. h. daß der Begriff construirt werde. Nun ist die Vernunfterkenntniß durch Construktion der Begriffe mathematisch. Also mag es wohl eine reine Philosophie der Natur überhaupt, d. i. diejenige, die nur das, was den Begriff einer Natur im allgemeinen ausmacht, untersucht, auch ohne Mathematik möglich seyn, aber reine Naturlehre über bestimmte

c) Methaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. Riga 1787. 8. Vorrede. IX.

te Naturdinge ist nur vermittelst der Mathematik möglich, und da in jeder Naturlehre nur so viel eigentliche Wissenschaft angetroffen wird, als sich darin Erkenntniß a priori befindet, so wird auch die Naturlehre nur so viel eigene Wissenschaft enthalten, als Mathematik in ihr angewendet werden kann. Dahin gehören aber die allgemeinsten Eigenschaften der Körper, als z. B. der Bewegung, Undurchdringlichkeit, Schwere u. d. gl. Daraus folgt also unläugbar, daß in jeder Physik nothwendig Mathematik angewandt werden müsse.

Ueberhaupt hat Kant das bisher allgemein beliebte atomistische System mit einer ihm eigenen Gründlichkeit angegriffen, und zu zeigen gesucht, daß das dynamische System mit dem allgemeinern Begriffe der Materie besser als das atomistische zusammenstimme, und daß es daher nützlich sey, die Naturphilosophie, so weit als es immer möglich ist, auf die Erforschung der dynamischen Erklärungsgründe zu leiten, weil diese allein bestimmte Gesetze, mithin wahren Vernunftzusammenhang der Erklärungen hoffen ließen.

Was aber die Grenzlinie dessen betrift, was ein ächt systematisches Lehrbuch der Naturlehre enthalten müsse, so scheint diese bis jetzt noch nicht gehörig bestimmt zu seyn. Nach eines Recensenten über Grens Grundriß der Naturlehre, 4te Auflage [f]), Ueberzeugung ist Physik die Lehre von den allgemeinen Eigenschaften der Materie als Raumerfül-

f) Tromsdorf's allgemeine chemische Bibliothek des 19ten Jahrhunderts. B. I. St. 2. Erfurt. 1802. S. 131. f.

füllenden, ohne auf die Verschiedenheit der Materie unter einander zu sehen. Sie habe also einzig und allein mit den Erscheinungen des äußern veränderten Raums zu thun, ohne sich um die innere Raumsveränderung zu bekümmern. Diesemnach würde sie aus zwey Haupttheilen bestehen müssen, allgemeine reine und allgemeine angewandte Naturlehre. Jener enthält Phoronomie, Dynamik, Mechanik und Phänomenologie im Kantischen Sinne, und dieser Gravitation im Allgemeinen, nebst Astronomie und mathematischer und physischer Geographie, und insbesondere Lehrsätze von starren, flüssigen, gasförmigen und feurigen Materien überhaupt, und anhangsweise von der geradlinichten Verbreitung und der Flächenverbreitung der letzten im Magnetism und in der Elektricität, jedoch ohne ausführliche Darstellung der letztern, in so fern chemische Grundsätze dazu erforderlich seyn möchten.

Es fehle überhaupt unsern Lehrbüchern an einem sichern systematischen Gange, und nirgends bemerke man das Schwanken, welches durch eine unbestimmte Idee der Wissenschaft veranlaßt sey, mehr, als bey unsern physikalischen Lehrgebäuden.

Ein solches Lehrgebäude, wie es sich Recens. gedenke, müßte durchaus nur die Anwendung mathematischer Lehrsätze auf gewisse Bedingungen enthalten, und keinesweges chemische oder gar physiologische einmischen. Physik gehe auf die ganze Natur. Mischungskunde sey vorzüglich nur in Hinsicht der unorganischen, so wie Physiologie bey der organischen anwendbar. Sollte man auch je dahin kommen, das Band zwischen jenen Disciplinen aufzufinden, so sey er doch der Meynung, daß kein anderer Weg dazu

sich

sich zeige, als die pünktliche Trennung dessen, was der reinen Wissenschaft angehöre, von dem, was Eigenthum der andern sey, und die schulgerechte Aufstellung einer jeden. Nur dadurch könne dem Metaphysiker in die Hände gearbeitet werden, nur dieses, die möglichst vollständige, schon geordnete Darstellung der Materialien, könne dienen, die allgemeine Einheit aufzusuchen, welche sie alle an einander kette, und gerade dieses sey der große Vorzug der Systeme, gerade das, weswegen sie hohen Werth hätten, und nicht bloß als Hülfsmittel des Gedächtnisses, wie manche irrig wähnten, gleichsam als Fachwerke, wodurch man, auch im Dunkeln, geleitet werde, das zu ertappen, was man aus der großen Menge seiner Erfahrungen etwa auffinden wolle. Der letztere Zweck könne sogar nur dann erst erreicht werden, wenn das System so eingerichtet sey, daß es zur Erreichung des erstern die Hand biete.

Hieraus sehe man die Tendenz seiner Meynung: die Verbindung aller Zweige der Naturkunde mit einander und besonders die Anknüpfung derselben an Naturwissenschaft; aber man solle nicht glauben, daß er der Meynung derjenigen sey, welche alles auf etwas a priori reduciren wollten, und ihr eigenes Daseyn, wie das Daseyn aller Dinge, construirten. Er sey vielmehr des Glaubens, daß unser Ich zu den Erkenntnissen zwar die Form hergebe, wornach sie erlangt und geordnet seyn müßten, um für uns Erkenntnisse zu seyn, daß aber, wenn sie Realität haben sollten, noch etwas hinzukommen müßte: Erfahrung, welche die von uns zu erkennenden Gegenstände geben. Gäbe es keine Erfahrung, so wäre alles vermeintliche Erkennen ein bloßes Spiel mit unsern

Vorstellungen und Einbildungen, und Philosophie, Mathematik und Naturkunde wären nur besondere Zweige der Physiologie.

Wenn nun gleich die Grenzlinie der eigentlichen Physik mit den übrigen damit schwesterlich verbundenen Wissenschaften noch nicht scharf gezogen worden ist, so wird doch die Folge der Geschichte der Physik beweisen, mit welchen Riesenschritten dieselbe in diesem Zeitraume fortgegangen ist, und wie viel noch in der Folge erwartet werden kann, besonders da der Eifer für die Wissenschaften überhaupt in ganz Europa durch die weise Regierung des unvergeßlich großen Alexanders ganz neue Triebfedern zu erhalten scheint.

Erster Abschnitt.

Geschichte in Rücksicht der allgemeinen Physik.

Die Vorstellung, welche sich der P. Boscowich von dem materiellen Stoffe überhaupt gemacht hat, und die bereits im 4ten Theile S. 12. ff. angeführt worden, erwähnt auch Priestley in seiner Geschichte der Optik. Er erzählt zugleich, daß sein Freund Mitchell diesen Gedanken in seinen jüngern Jahren gehabt habe. Priestley selbst hat diese Idee in einem eigenen Werke [g]) weiter auszuführen gesucht. Er behauptet nämlich, daß die Materie aus nichts

g) Disquisitions relating to Matter and spirit. Lond. 1778. 8.

nichts weiter bestehe, als aus Zurückstoßungen und Anziehungen, welche sich auf gewisse mathematische Punkte im Raume beziehen. Diese Theorie wendet er auf eine eigene Art zur Vertheidigung des Materialismus an, indem er dafür hält, es lasse sich die Seele ganz wohl aus einer veredelten Materie erklären, welche bloß aus Kräften bestehe, und also auch wohl die Kraft zu denken und zu empfinden haben könne. Seine Behauptungen gehen zuletzt so weit, daß er der geistigen Substanz alle Einheit und Untheilbarkeit abspricht.

Herr de Lüc [h]) hat Priestley's Behauptungen umständlich zu widerlegen gesucht. Er hat sich zu zeigen bemüht, daß Kraft, welche bloß auf einen mathematischen Punkt im Raume Bezug hat, Wirksamkeit ohne Substanz, ein leerer Ausdruck sey; daß Anziehungs- und Zurückstoßungskraft nichts weiter als Anziehen und Abstoßen, keineswegs aber Selbstgefühl, Denken und Empfinden, erkläre; daß Elemente eines sich selbst fühlenden Ganzen ebenfalls Selbstgefühl besitzen müssen, welches allen Begriff von Elementen aufhebe, indem nur ein einziges Element das ganze Phänomen erkläre; daß endlich die Wirkungskreise, welchen doch Priestley eine Ausdehnung geben müsse, einander verdrängen müßten, wodurch der eine Wirkungskreis seine ihm ertheilte Bewegung fortzusetzen genöthigt sey, daß man zuletzt also immer wieder auf Materie kommen müsse, welche träg und undurchdringlich wäre. Herr de Lüc selbst ist ein

h) Physikalische und moralische Briefe über die Geschichte der Erde und des Menschen mit Abkürz. a. d. Franz. übers. Th. I. S. 88.

ein eifriger Anhänger der atomistischen Physik, und sucht die Schwierigkeit des Dualismus mit wenigen so zu heben, daß er annimmt, es gebe nicht nur Substanzen, sondern auch Eigenschaften der Materie, welche nicht in unsere Sinne fallen, diese Eigenschaften und ihre Wirkungen wahrzunehmen.

Eine andere Vorstellung von dem Wesen der Materie macht sich D. Peart[i]). Er sucht die ganze Natur aus Materie und dem Anziehen beym Berühren zu erklären, und nimmt zu dieser Absicht zweyerley Arten von Materie an, eine fixe und eine thätige. Bey der fixen Materie findet bloß Anziehen und Undurchdringlichkeit statt; sie zieht nämlich die Theile der thätigen Materie an. Diese thätige Materie hat die besondere Eigenschaft, sich in geraden Strahlen zu verbreiten, welche von der fixen Materie, wie von einem Mittelpunkte, ausgehen, und um diese Atmosphären bilden. Die thätige Materie ist wieder von doppelter Art, wovon Peart die eine den Aether, und die andere das Phlogiston nennt. Diese beyden Arten ziehen sich unter einander sehr stark an, wenn sie in gleichem Grade thätig sind. Ein fixes Theilchen, mit einer Atmosphäre von Aether umgeben, bildet erdigten, und ein Theil mit einer Atmosphäre von Phlogiston säureerzeugenden Stoff. Atmosphären von gleichartigen Theilen drucken auf einander, hingegen ungleichartige ziehen sich an, und verursachen dadurch, daß ihre Mittelpunkte in Berührung kommen. Durch die Anziehung der beyden Arten

i) On the elementary principles of nature and the simple laws, by which they are governed. Gainsborough 1789. 8. E. Pearts Versuch über die Urstoffe der Natur und ihrer Gesetze a. d. Engl. von D. Kühn. Leipz. 1791. 8.

Arten von thätiger Materie geschieht es, daß die phlogistischen Atmosphären die ätherischen, und diese jene umgeben. Wenn nun dergleichen zusammengesetzte Atmosphären von verschiedener Art sich berühren, so vereinigen sich die äußern Atmosphären so weit, daß die innern sich berühren und sättigen, da alsdenn aus der Berührung der fixen Mittelpunkte ein fester Körper entsteht. Die äußern Atmosphären, welche nun von den gesättigten innern nicht mehr angezogen werden, bilden freye Flüssigkeit, wie das Licht und das Feuer.

Bey einer größern Menge fixer Theilchen ist auch eine größere Menge thätiger Theilchen wirksam, mithin auch die Anziehung stärker. Daraus entspringt die Gravitation, durch welche jede materielle Masse mit allen andern verbunden wird.

Aus diesen Voraussetzungen erklärt nun Peart die vornehmsten Gesetze der Schwere, der chemischen Verwandtschaften, der Elektricität u. s. f. Das ganze System ist eine sehr ins Allgemeine getriebene Vorstellungsart, in welche der Begriff von zwey entgegengesetzten Stoffen gleich vom Anfange hineingetragen wird; daher sich denn alle Naturgesetze, welche sich auf einen solchen Dualismus beziehen, unter den nöthigen Voraussetzungen wieder daraus herleiten lassen. Eine solche Vorstellung von der Natur bleibt aber idealisch, und ist daher tavtologisch.

Noch ein neueres System der Naturerscheinungen hat Lamark[k]) aufgestellt, welches kürzlich in sol-

k) Mémoires de physique et d'histoire naturelle etc. à Paris an. V. 1797. in Voigt's Magazin. B. I. St. 4. S. 59. ff.

folgendem besteht. Er geht von dem Satze aus, daß alle Körper aus gewissen einfachen Stoffen zusammengesetzt seyen. Zu diesen rechnet er eine verglasbare Erde, Wasser, Luft, Feuer und Licht. Werden diese in gewissen Verhältnissen mit einander verbunden, so entstehen daraus die wesentlichen Bestandtheile aller größern Materien und Körper. Die einfachen Stoffe haben aber keine ihnen eigenthümliche Kraft, sich mit einander zu vereinigen, auch keine Verwandtschaft gegen einander, sondern vielmehr ein beständiges Bestreben, sich aus allen Verbindungen zu setzen, in welche sie gegenseitig durch irgend eine, aber von ihnen ganz unabhängige Kraft, versetzt worden sind. Jene einfachen Stoffe suchen demnach sich beständig aller Fesseln zu entledigen, wodurch ihre Natur abgeändert, und ihre Einfachheit aufgehoben worden ist. Nur die aus den einfachen Stoffen durch gewaltsame Verbindungen entstandenen wesentlichen Bestandtheile haben ein Bestreben, zusammenzuhängen und in einen Aggregatzustand überzugehen, und die Ungleichheit der in der Natur vorkommenden Körper beruht bloß auf diesen wesentlichen Bestandtheilen. So lange diese ungeändert bleiben, so lange ändert sich auch die Natur eines Körpers nicht, sie bleibt beym Zerschneiden, Zerstoßen und jeder andern mechanischen Wirkung auf ihn immer noch die vorige. Obgleich die wesentlichen Bestandtheile aus den einfachen Stoffen gebildet sind, so kann man doch nun nicht mehr sagen, daß die einfachen Stoffe, als solche, noch in den wesentlichen Bestandtheilen enthalten wären, indem sie durch diese Zusammensetzung ihre ganze Freyheit und ihre vorige Natur so verloren haben, daß man vielmehr jeden wesentlichen Bestandtheil jetzt selbst als ein vollkommen gleichartiges

Masse-

Massetheilchen ansehen muß. Auch heißt ein Körper gleichartig, wenn er aus einerley wesentlichen Bestandtheilchen, und ungleichartig, wenn er durch Aggregation aus verschiedenen zusammengesetzt ist. Die große Verschiedenheit der Naturkörper läßt sich aus den unzähligen Verhältnissen begreifen, nach welchen die eben erwähnten fünf einfachen Stoffe mit einander verbunden werden können. Harte Bestandtheile und aus ihnen bestehende harte Körper hat die Erde; weiche hingegen das Wasser im vorzüglichen Maaße in ihrer Mischung. Das Feuer ist im natürlichen, losen Zustande eine durch den ganzen Weltraum verbreitete ursprüngliche, für sich nicht warme, sondern vielmehr absolut kalte, höchst feine und elastische Flüssigkeit. In diesem ganz freyen Zustande heißt diese Flüssigkeit ätherisches Feuer. Dieses ätherische Feuer ist die eigentliche Ursache des Schalles, oder vielmehr seiner Fortpflanzung, und höchst wahrscheinlich auch der elektrischen und magnetischen Erscheinungen. Im zusammengesetzten Zustande erhält es eine Art von Grobheit in den Körpern, und verliert durch die mannichfaltige Verbindung seine ursprünglichen Eigenschaften. Es wird nunmehr zum fixirten Feuer, wo sich wieder zwey Arten unterscheiden lassen, Kohlenfeuer und säuerndes Feuer. Unter jener Benennung wird dasjenige fixirte Feuer verstanden, welches einen Bestandtheil derjenigen Körper ausmacht, deren Grundstoffe so innig combinirt sind, daß sie sich gleichsam in einem Zustande von Sättigung befinden. Das Kohlenfeuer ist das Radikal aller verbrennlichen Körper, und wird beym Verbrennen als hitzendes Feuer abgeschieden. Es rühren auch vom Kohlenfeuer alle Erscheinungen der Farben her. Das säurende Feuer macht einen Bestandtheil aller Körper aus, deren

Stoffe

Stoffe nur unvollkommen in ihrer Zusammensetzung gesättigt sind. Es ist das Radikal aller salzigen Stoffe, aller Säuren, aller Körper, welche Geschmack und Geruch haben. Das hitzende Feuer (feu calorique) befindet sich nur in einem vorübergehenden Zustande von Expansion, und besitzt nur so lange die wärmende Eigenschaft, bis es sich wieder zum ätherischen Feuer ausgedehnt hat. Wenn nun die Expansivkraft des wärmenden Feuers noch am größten ist, so wirkt es am heftigsten auf die Lichtmaterie, und es entsteht dann weißes Licht; violettes hingegen, wenn es schon wieder beynahe zum ätherischen Zustande zurückgekehrt ist.

Die unorganischen Körper haben ihren Ursprung sämmtlich von organisirten Wesen, und sind als Abfälle von diesen anzusehen, in welchen ehemals eine organische Bewegung, oder eine gewisse Lebenskraft thätig war; denn nur allein eine solche organische Bewegung kann die freyen einfachen Stoffe dahin bringen, daß sie sich in wesentliche Bestandtheile vereinigen, woraus sich nachher die unorganischen Körper zusammenhäufen u. s. w.

Man sieht leicht, daß alle bisher angeführte Hypothesen bloß auf willkührlichen Sätzen beruhen, und es unausgemacht bleibt, durch welche Kräfte die Materie in Thätigkeit versetzt werde, ein Umstand, auf den sich doch zuletzt alle Naturerscheinungen stützen müssen. Selbst die atomistische Physik, welche so viele Jahrhunderte vertheidigt worden ist, und noch jetzt von dem größten Theile der Naturforscher geliebt wird, muß stillschweigend Kräfte annehmen, ob sie sich gleich gegen Untersuchungen dieser Art aufs feyerlichste verwahrt. Die Physik erfordert also nothwen-

wendig einen reinen Theil, der vor aller Erfahrung vorausgehen muß, obgleich in selbigem der empirische Begriff von Materie überhaupt zum Grunde gelegt werden muß. Diesen wichtigen Theil hat schon der unsterbliche Kant vor einigen zwanzig Jahren mit vieler Würde behandelt, und erst vor wenigen Jahren haben einige Physiker Kant's Bemühungen gehörige Aufmerksamkeit geschenkt.

Kant behauptet ganz richtig, daß in jeder besondern Naturlehre nur so viel eigentliche Wissenschaft angetroffen werden könne, als darin Mathematik anzutreffen ist. Damit nun aber die Anwendung der Mathematik auf die Körperlehre möglich werde, so müssen, sagt Kant, Principien der Construction der Begriffe, welche zur Möglichkeit der Materie überhaupt gehören, vorangeschickt werden; mithin wird eine vollständige Zergliederung des Begriffs von einer Materie überhaupt zum Grunde gelegt werden müssen, welches ein Geschäfft der reinen Philosophie ist, die zu dieser Absicht sich keiner besondern Erfahrungen, sondern nur dessen, was sich im abgesonderten (ob zwar an sich empirischen) Begriffe selbst antrifft, in Beziehung auf die reinen Anschauungen im Raume und der Zeit (nach Gesetzen, welche schon dem Begriffe der Natur überhaupt wesentlich anhängen) bedient, mithin eine wirkliche Metaphysik der körperlichen Natur ist. Er bemerkt, daß alle Naturphilosophen, welche in ihrem Geschäfft mathematisch verfahren wollten, sich daher jederzeit (obschon sich selbst unbewußt) metaphysischer Principien bedient haben, wenn sie sich gleich sonst wider allen Anspruch der Metaphysik feyerlich verwahrten. Alle wahre Metaphysik ist aus dem Wesen des Denkungs-

vermögens selbst genommen, und keinesweges darum erdichtet, weil sie nicht von der Erfahrung entlehnt ist, sondern sie enthält die reinen Handlungen des Denkens, mithin Begriffe und Grundsätze a priori, welche das Mannichfaltige empirischer Vorstellungen allererst in die gesetzmäßige Verbindung bringt, dadurch es empirische Erkenntniß, d. i. Erfahrung, werden kann. So konnten also jene mathematischen Physiker metaphysischer Principien gar nicht entbehren, und unter diesen auch nicht solcher, welche den Begriff ihres eigentlichen Gegenstandes, nämlich der Materie, a priori zur Anwendung auf äußerliche Erfahrung tauglich machen, z. B. des Begriffs der Bewegung, der Erfüllung des Raums, der Trägheit u. s. f. Darüber aber bloß empirische Grundsätze gelten zu lassen, hielten sie mit Recht der apodiktischen Gewißheit, die sie ihren Naturgesetzen geben wollten, gar nicht gemäß, daher sie solche lieber postulirten, ohne nach ihren Quellen a priori zu forschen.

Kant hielt es daher zum Vortheil der Wissenschaften mit Recht für wichtig, ungleichartige Principien von einander zu scheiden und jede in ein besonderes System zu bringen, damit sie eine Wissenschaft ihrer eigenen Art ausmachen, um dadurch die Ungewißheit zu verhüten, die aus der Vermengung entspringt, da man nicht wohl unterscheiden kann, welcher von beyden theils die Schranken, theils auch die Verirrungen, die sich im Gebrauche derselben zutragen möchten, beyzumessen seyn dürften. Um deswillen hat er es für nöthig gehalten, von dem reinen Theile der Naturwissenschaft (physica generalis), wo metaphysische und mathematische Constructionen durch einander zu laufen pflegen, die erstere, und mit

ihnen zugleich die Principien der Construction dieser Begriffe, also der Möglichkeit einer mathematischen Naturlehre selbst, in einem Systeme darzustellen.

Zur Vollständigkeit dieses Systems diente ihm die Tafel der Categorieen, indem es nicht mehr reine Verstandesbegriffe geben kann, welche die Natur der Dinge angehen. Unter die vier Classen derselben, die der Größe, der Qualität, der Relation und endlich der Modalität, müssen sich alle Bestimmungen des allgemeinen Begriffs einer Materie überhaupt, mithin auch alles, was von ihr a priori gedacht, was in der mathematischen Construction dargestellt, oder in der Erfahrung, als bestimmter Gegenstand derselben, gegeben werden mag, bringen lassen. Kant mußte daher den Begriff der Materie durch alle vier Funktionen der Verstandesbegriffe durchführen, und bey jeder eine neue Bestimmung hinzusetzen. Die Grundbestimmung eines Etwas, das ein Gegenstand äußerer Sinne seyn soll, mußte Bewegung seyn; denn dadurch allein können die Sinne afficirt werden. Auf diese führt auch der Verstand alle übrige Prädikate der Materie, die zu ihrer Natur gehören, zurück, und so ist die Naturwissenschaft durchgängig eine entweder reine oder angewandte Bewegungslehre. Daher bringt er die metaphysischen Anfangsgründe der Naturwissenschaft unter vier Hauptstücke, deren erstes die Bewegung, als ein reines Quantum, nach seiner Zusammensetzung, ohne alle Qualität des Beweglichen, betrachtet, und Phoronomie genannt werden kann, das zweyte sie als Qualität, der Materie gehörig, unter dem Namen einer ursprünglich bewegenden Kraft, in Erwägung zieht, und daher Dynamik heißt, das dritte die Materie mit der Qua-

lität durch ihre eigene Bewegung gegen einander in Relation betrachtet, und unter dem Nahmen Mechanik vorkommt, das vierte aber ihre Bewegung oder Ruhe bloß in Beziehung auf die Vorstellungsart, oder Modalität, mithin als Erscheinung äußerer Sinne, bestimmt, und Phänomenologie genannt wird.

Da sich alle Naturerscheinungen zuletzt auf irgend ein Natursystem stützen müssen, so ist es gewiß der Mühe werth, vorzüglich die beyden Systeme, das mechanisch-atomistische und das von Kant aufgestellte dynamische, und ihre Gründe historisch näher kennen zu lernen.

Der vornehmste, welcher das mechanisch-atomistische System in den neuern Zeiten empor zu bringen suchte, ist le Sage in Genf. Die Kenntniß seiner Theorie kann man theils von ihm selbst [l]), theils von seinen Schülern [m]) erhalten. Die Grundlage derselben sind Postulate.

Das erste Postulat besteht in einer Menge erster Körperchen in einem gewissen Raume vertheilt, welche in Ansehung der Materie gleichartig, aber so klein sind, daß sie, wenn sie sich berühren, keinen merklichen Unterschied unter einander zeigen. Ein jedes derselben zieht die Körperchen seiner Art weniger, als die der andern Art an. Diese Körperchen (Atome)

l) Lucrece Newtonien in Nouv. mém. de l'Acad. de Berlin an. 1782. à Berlin 1784. p. 404. auch der schon 1758. zu Rouen gekrönten Preisschrift: Essay de chymie mecanique. 4.

m) *Prevost* de l'origine des forces magnétiques. à Geneve 1788. P. I. ch. 2. übersetzt: Halle 1794. 8. *l'Huilier* exposition élementaire des principes des calculs superieurs. à Berlin 1786. 4. p. 187.

me) zu theilen, ist keine, selbst unendliche Kraft, vermögend. Es geht also hiernach die Theilung der Körper nicht bis ins unendliche, sondern sie hört bey den Atomen auf. Was die specifische Verschiedenheit der Materie betrifft, so sucht die mechanisch-atomistische Physik dieselbe aus den verschiedenen Gestalten der ersten Körperchen und deren Verhältnisse zur eingestreueten Leere zu erklären. Daher ist die Materie als solche absolut undurchdringlich, und die verschiedene Dichtigkeit der Körper hängt bloß von der Verschiedenheit des eingestreueten leeren Raums ab.

Das zweyte Postulat der mechanischen Physik ist: die Atomen bewegen sich in einer geraden unveränderten Linie, aber nach den verschiedensten Richtungen; die Bewegung derselben ist so gleich schnell, daß man jeden Punkt des Raums für einen Augenblick wenigstens als Mittelpunkt annehmen kann. Alle mögliche Bewegungen leitet sie entweder vom Stoße oder Drucke irgend einer Materie ab.

Das dritte Postulat der mechanischen Physik endlich ist, daß sie in irgend einem Punkte des Raums, worin die Atomen sich bewegen, einen sphärischen Körper annimmt, welcher viel größer ist, als die Grundkörperchen.

Wenn diese Postulate zugegeben werden, so ist es gar keinem Zweifel unterworfen, daß die mechanisch-atomistische Physik den ausgezeichneten Vortheil hat, alles anschaulich zu machen, was die dynamische Physik nie in der Anschauung darzustellen vermag. Dieß ist auch der Grund, warum sich die mechanische Physik so lange im Ansehen erhalten hat, und immer noch ihre Verehrer findet. Die mechani-

sche Physik kann innerhalb ihrer Grenzen ein Meisterstück des Scharfsinnes und der mathematischen Präcision seyn, selbst wenn sie in ihren Principien völlig grundlos ist.

Wie wenig haltbar aber die Voraussetzungen der atomistischen Physik sind, hat zum Theil schon Kant in seinen metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft an verschiedenen Stellen gezeigt, weitläuftiger aber Schelling[n]) ausgeführt. Was das erste Postulat betrifft, so bemerkt er, daß es allerdings der Atomistiker auf sich hätte, darzuthun, daß die ersten Grundkörperchen (Atome) untheilbar seyen. Denn die Mathematik fahre fort, auf der unendlichen Theilbarkeit des Raums zu bestehen, und die Philosophie, ob sie sich gleich nicht anmaaße, zu sagen: die Materie (an sich betrachtet) bestehe aus unendlich vielen Theilen, höre deßwegen nicht auf, eine unendliche Theilbarkeit d. i. die Unmöglichkeit einer je vollendeten Theilung zu behaupten. Wenn also die mechanische Physik erste oder letzte Körperchen voraussetze, so könne sie den Grund für diese Voraussetzung nicht aus der Mathematik oder aus der Philosophie hernehmen. Der Grund könne also nur ein physischer seyn, d. h. sie müsse (wenn nicht beweisen, doch) behaupten, es seyen Körperchen, welche weiter zu theilen physisch unmöglich ist. Allein nachdem man vorher den Gegenstand aller möglichen Erfahrung entzogen habe, wie dieß der Fall sey, wenn man physisch untheilbare Körperchen behaupte, habe man auch weiter kein Recht, sich auf Erfahrung, d. h. auf einen physischen Grund, (wie hier auf die physische

n) Ideen zu einer Philosophie der Natur. Kap. III. S. 114. u. f.

sische Unmöglichkeit) zu berufen. Also sey jene Annahme eine völlig willkührliche Annahme d. h. man bilde sich ein, es sey möglich, in der Theilung der Materie auf Körperchen zu stoßen, welche ferner zu theilen, der Natur dieser Körperchen nach, unmöglich sey. Es gebe aber keine physische Unmöglichkeit, die als solche absolut wäre. Jede physische Unmöglichkeit sey relativ d. h. nur in Beziehung auf gewisse Kräfte oder Ursachen in der Natur gültig, es sey denn, daß man zu verborgenen Qualitäten seine Zuflucht nehme. Also behaupte man mit der physischen Untheilbarkeit jener Körperchen nur so viel: es sey in der Natur keine (bewegende) Kraft vorhanden, die den Zusammenhang jener Körperchen unter sich überwältigen könnte. Allein für diese Behauptung lasse sich weiter kein Grund anführen, als ein aus dem System selbst hergenommener, d. h. weil ohne sie das System nicht bestehen könnte. Also müsse sie darauf beschränkt werden: Man könne sich keine Naturkraft denken, der es möglich wäre, jene Körperchen zu theilen. Werde aber die Behauptung so ausgedruckt, so springe ihre Unwahrheit in die Augen. Denn jeder Zusammenhang in der Welt habe Grade, und sobald es darauf ankomme, was man sich denken könne, könne man keinen Grad von Zusammenhang denken, für den man sich nicht auch eine Kraft denken könnte, die hinreichend wäre, ihn zu überwältigen.

Vielleicht aber sehe die mechanische Physik auf diese Einwürfe als auf unnütze Grübeleyen einer anmaaßlichen Metaphysik herab, und suche alle weitere Untersuchungen durch den Machtspruch: es sey so, ein für allemal abzuschneiden. Allein dieser Machtspruch gelte nur, so lange man sich auf dem Gebiet der Erfah-

fahrung befinde, wo alle Beweise von Möglichkeit und Unmöglichkeit eines Dinges vor seiner Wirklichkeit verstummen müßten; nicht aber auch dann noch, wenn man sich selbst in ein Feld gewagt habe, wo über Möglichkeit oder Unmöglichkeit keine Belehrung der Erfahrung mehr möglich sey, sondern wo der Geist sich völlig seiner Freyheit überlasse, nur darum bekümmert, daß nichts seine Freyheit beschränke.

Man könne dem Korpuscularphilosophen fragen, was ihn doch berechtige, überhaupt eine unendliche Theilbarkeit der Materie vorauszusetzen, und die Auflösung der Materie in ihre Elemente — nicht etwa nur als möglich anzunehmen, sondern — wirklich zu versuchen? — Die Erfahrung, daß die Materie etwas Zusammengesetztes sey? Allein wenn er sonst keinen Grund aufzuweisen habe, so müsse er die Theilung der Materie auch nur so weit verfolgen, als er in der Erfahrung ein Zusammengesetztes vor sich habe. Allein dieß widerspreche seinem Unternehmen, die Materie in ihre Elemente aufzulösen. Also müsse er irgendwo auf einen Punkt kommen, wo nicht mehr die Erfahrung ihn weiter zu theilen nöthige, sondern wo er sich völlig der Freyheit seiner Einbildungskraft überlasse, die auch da noch Theile voraussetze, wo keine mehr erkennbar sind. Habe er aber einmal dem Geiste völlige Freyheit gelassen, zu theilen, auch wo Erfahrung zu theilen nicht mehr nöthige, so habe er keinen Grund, diese Freyheit irgendwo zu beschränken. Im menschlichen Geiste selbst könne kein Grund liegen, irgendwo aufzuhören, also müßte der Grund außer ihm liegen, d. h. man müßte in der Erfahrung irgend Einmal auf Elemente stoßen, die der Freyheit im Theilen der Materie schlechthin Schranken

ken setzten. Allein so sähen wir uns wieder in der Nothwendigkeit, eine absolute Unmöglichkeit anzunehmen, die doch zugleich physisch seyn soll, d. h. eine Unmöglichkeit, für die sich weiter kein Grund angeben lasse, und die doch in der Natur liege, wo alles Grund und Ursache haben müsse — also eine Unmöglichkeit, die selbst unmöglich sey, weil sie sich widerspreche.

Was nun die Annahme des leeren Raums betreffe, so sey dieser Etwas, das sich in keiner Erfahrung darthun lasse. Denn, wenn man ihn nöthig glaube, um die ungehinderte Bewegung der festen Körper erklären zu können, so lasse sich auch eine Materie denken, deren Widerstand gegen die Bewegung dieser Körper (in Bezug auf eine mögliche Erfahrung) = 0 angenommen werden könne. Allein überhaupt lasse das atomistische System der Einbildungskraft gleich Anfangs völlig freyes Spiel. Bey der Annahme der Atomistiker, daß im leeren Raume eine unendliche Anzahl sehr kleiner, beynahe gleicher Körper fast gleichförmig vertheilt sey, werde man unwillkührlich fragen, wie klein sie dann seyen, oder in wie weit sie sich gleich seyen? Wenigstens sollte man denken, daß Atomen weder sehr klein, noch sich beynahe gleich, sondern absolut gleich und absolut klein seyn müßten.

In Ansehung des zweyten Postulats bleibe es nach dem atomistischen Systeme völlig unerklärbar, wie Bewegung entstehen könne, und für die Annahme eines Stoßes oder Druckes könne es weiter keinen Grund anführen. Wenn man auch annähme, daß die Atomen des schwermachenden Fluidums verschiedene Formen hätten, so wäre es doch nicht möglich, daß bey dieser Ungleichartigkeit Bewegung entstehen kön-

könne, ob man gleich nachher zugeben müsse, daß scheinbare Anziehung statt finden könne, wenn einmal Bewegung entstanden sey.

Ueberhaupt müsse man sich wundern, daß, wenn es möglich sey, mit den drey Postulaten auszureichen, irgend jemand die undankbare Mühe auf sich nehmen mochte, zu fragen, wie Materie überhaupt möglich sey? Denn, sollte man denken, wenn wir nur erst feste Körper, die noch überdieß der Masse nach von einander verschieden sind, ferner ein Fluidum, das sich selbst bewege, und die größern Körper anstoße, voraussetzen dürften, so begreife man nicht, wie ein Mann, von Newton's Geist, bis zu den Kräften der Materie selbst zurückgehen mochte, um die Möglichkeit einer materiellen Welt zu erklären. Wirklich gehe die mechanische Physik, wenn sie nur einmal über die drey Postulate hinweg sey, ihren Weg unaufhaltsam fort.

In der mechanischen Physik sehe man auf keine Weise ein, wie Mittheilung der Bewegung erfolgen könne. Denn es finde keine statt ohne Wechselwirkung der Undurchdringlichkeit d. h. ohne Druck und Gegendruck. Die mechanische Physik könne aber für die Undurchdringlichkeit der ersten Körperchen und der Materie überhaupt gar keinen Grund angeben: mithin müsse sie die Grundkörperchen als absolut undurchdringlich annehmen, und relative Undurchdringlichkeit komme dem Körper nur alsdann zu, wenn sie leere Räume enthalte. Man sehe daher auch gar nicht ein, wie die Grundkörperchen, in so fern sie absolut undurchdringlich, mithin keiner Zusammendrukkung fähig sind, einem andern Körper Bewegung mittheilen könnten. Ja da die Materie nach der mechani-

chanischen Physik keine ursprünglich bewegenden Kräfte besitze, die ihr zukämen, auch wenn sie in Ruhe sey, so müsse man ihr Wesen in eine absolute Trägheit setzen. Das sey aber ein Begriff ohne Sinn. Einem Undinge könne aber weder etwas entzogen noch mitgetheilt werden. Die mechanische Physik sehe sich also selbst in die Nothwendigkeit versetzt, der Materie als Materie ursprüngliche zurückstoßende und anziehende Kräfte beyzulegen, nur wolle sie die Namen nicht haben.

Die mechanische Physik gehe von spekulativen Begriffen aus, welche sich gar nicht anschaulich darstellen lassen. Von den ersten Grundkörperchen u. s. f. sey man immer noch berechtigt, Rechenschaft zu verlangen. In der Natur gebe es weder etwas absolut Undurchdringliches, noch absolut Hartes, noch absolut Dichtes. Denn alle Vorstellungen von Undurchdringlichkeit, Härte und Dichtigkeit seyen beständig nur Vorstellungen von Graden, über und unter welchen jederzeit noch größere oder kleinere bis ins Unendliche gedacht werden könnten, und folglich gebe es weder einen letzten noch einen ersten Grad. Man gelange zur Vorstellung vom absolut Undurchdringlichen nicht anders, als dadurch, daß man die Freyheit des Geistes beschränke. Sey aber dieß einmal geschehen, so glaube man auch von der Wirklichkeit dieser Vorstellung überzeugt zu seyn, welche doch auf keine Weise durch die Erfahrung bewiesen werden könne.

Die mechanische Physik setze also Materie und Bewegung derselben voraus; denn die Möglichkeit von beyden sey sie nicht im Stande darzuthun, und gebe damit stillschweigend zu, daß die Frage über die Möglichkeit der Materie und der Bewegung überhaupt

eine Frage sey, welche einer physikalischen Beantwortung ganz unfähig sey, und folglich in jeder Physik bereits als beantwortet vorausgesetzt werden müsse.

Kant, welcher das unsterbliche Verdienst hat, die ganze Philosophie aus einem weit richtigern Gesichtspunkte, als vormals, dargestellt zu haben, ward auch dadurch veranlaßt, diesen wichtigen metaphysischen Theil, welcher jeder Physik zum Grunde liegen muß, in ein vollständiges System zu bringen. Da Kants Ansicht, meinem Urtheile nach, unter allen, die nach ihm versucht sind, bey weitem die gründlichste ist, und ohne Zweifel in der Folge noch mehr berücksichtigt werden wird, als zur Zeit geschehen ist, so halte ich es für sehr wichtig, seine Untersuchungen mit hinreichender Kürze hier zu erzählen.

Phoronomie.

Da bey aller Materie das erste, was in die Sinne fällt, die Beweglichkeit derselben ist, und in der Phoronomie von nichts, als Bewegung geredet werden soll, so kann hier Materie durch nichts weiter, als durch das Bewegliche im Raume definirt werden. Der Raum, in so fern er von der Vorstellung der Materie unzertrennlich ist, heißt der bewegliche oder empirische Raum; derjenige, in welchem zuletzt alle Bewegung gedacht werden muß, (der mithin selbst schlechterdings unbeweglich ist) heißt der reine, oder auch der absolute Raum, im Gegensatz des vorigen, den man auch den relativen nennt.

In der Phoronomie kann die Materie als ein Punkt angenommen werden, und man abstrahirt in selbiger von aller innern Beschaffenheit, mithin auch von der Größe des Beweglichen, und hat es nur mit der

Bewe-

Bewegung und dem, was in dieser als Größe betrachtet werden kann, nämlich Geschwindigkeit und Richtung zu thun.

Die Materie im metaphysischen Sinne ist ein jeder Gegenstand äußerer Sinne, und folglich das eigentlich empirische der sinnlichen und äußern Anschauung, weil es gar nicht a priori gegeben werden kann. In aller Erfahrung aber muß etwas empfunden werden, und das ist das Reale der sinnlichen Anschauung, mithin muß auch der Raum, in welchem wir über die Bewegungen Erfahrung anstellen sollen, empfindbar d. i. durch das, was empfunden werden kann, bezeichnet seyn, und dieser, als der Inbegriff aller Gegenstände der Erfahrung und selbst ein Objekt derselben, ist der empirische Raum. Dieser aber, als materiell, ist selbst beweglich. Ein beweglicher Raum aber, wenn seine Bewegung soll wahrgenommen werden können, setzt wiederum einen andern erweiterten materiellen Raum voraus, in welchem er beweglich ist, dieser eben sowohl einen andern, und so forthin ins Unendliche.

Also ist alle Bewegung, die ein Gegenstand der Erfahrung ist, bloß relativ; der Raum, in dem sie wahrgenommen wird, ist ein relativer Raum, der selbst wiederum, und vielleicht in entgegengesetzter Richtung, sich in einem erweiterten Raume bewegt, mithin auch die in Beziehung auf den ersten bewegte Materie in Verhältniß auf den zweyten Raum ruhig genannt werden kann, und diese Abänderungen des Begriffs der Bewegungen gehen mit der Veränderung des relativen Raums so ins Unendliche fort. Einen absoluten Raum d. i. einen solchen, der, weil er nicht materiell ist, auch kein Gegenstand der Erfahrung

seyn

seyn kann, als für sich gegeben annehmen, heißt etwas, das weder an sich, noch in seinen Folgen (der Bewegung im absoluten Raum) wahrgenommen werden kann, um der Möglichkeit der Erfahrung willen annehmen, die doch jederzeit ohne ihn angestellt werden muß. Der absolute Raum ist also an sich nichts und gar kein Objekt, sondern bedeutet nur einen jeden andern relativen Raum, den man sich außer dem gegebenen jederzeit denken kann, und den man nur über jeden gegebenen ins Unendliche hinausruckt, als einen solchen, der diesen einschließt und in welchem man den erstern als bewegt annehmen kann.

Bewegung eines Dinges ist die Veränderung der äußern Verhältnisse desselben zu einem gegebenen Raume. Die gewöhnliche Erklärung der Bewegung als Veränderung des Orts reicht nicht zu. Denn der Ort eines jeden Körpers ist ein Punkt. Wenn man die Weite des Mondes von der Erde bestimmen will, so versteht man hierunter die gerade Linie zwischen dem Mittelpunkte des einen und dem Mittelpunkte des andern, mithin ist von jedem dieser Körper nur ein Punkt, der seinen Ort ausmacht. Nun kann sich ein Körper bewegen, ohne seinen Ort zu verändern, wie die Erde, indem sie sich um ihre Axe dreht. Aber ihr Verhältniß zum äußern Raume verändert sich hiebey doch.

In jeder Bewegung sind Richtung und Geschwindigkeit die beyden Momente der Bewegung derselben; wenn man von allen andern Eigenschaften des Beweglichen abstrahirt. In der Phoronomie wird das Wort Geschwindigkeit bloß in räumlicher Bedeutung $C = \frac{S}{T}$ genommen.

Ueber-

Ueberdem hat Kant in der reinen Größenlehre der Bewegung folgende weit richtigere Erklärungen, als vor ihm geschehen ist, gegeben.

Unter Ruhe versteht er die beharrliche Gegenwart an demselben Orte; beharrlich aber ist das, was eine Zeit hindurch existirt, oder dauert. Ein Körper, der in Bewegung ist, ist in jedem Punkte der Linie, die er durchläuft, Einen Augenblick. Daß er aber darin nicht ruhe, erhellt daraus, weil er in diesem Punkte nur in so fern gegenwärtig ist, als er sich bewegt. Gesetzt aber, die Bewegung sey so, daß der Körper mit gleichförmiger Geschwindigkeit die Linie (fig. 1.) AB vorwärts und rückwärts von B nach A zurücklege, so daß, weil der Augenblick, da er in B ist, beyden Bewegungen gemein ist, die Bewegung von A nach B in $\frac{1}{2}$ Sek., die von B nach A aber auch in $\frac{1}{2}$ Sek., beyde zusammen aber in einer ganzen Sekunde zurückgelegt worden, so daß auch nicht der kleinste Theil der Zeit auf die Gegenwart des Körpers in B aufgewandt worden: so wird, ohne den mindesten Zuwachs dieser Bewegungen, die letztere, die in der Richtung BA geschahe, in die nach der Richtung Ba, welches mit AB in einer geraden Linie liegt, verwandelt werden können, wo denn der Körper, indem er in B ist, darin nicht als ruhig, sondern als bewegt angesehen werden muß. Er müßte daher in der erstern in sich selbst wiederkehrenden Bewegung in dem Punkte B als bewegt angesehen werden, welches aber unmöglich ist; weil, nach dem was angenommen worden, es nur ein Augenblick ist, der zur Bewegung AB und zugleich zur Bewegung BA gehört, die der vorigen entgegengesetzt, und mit ihr in einem und demselben Augenblicke verbunden ist,

völ-

völligen Mangel der Bewegung, folglich, wenn dieser den Begriff der Ruhe ausmachte, auch in der gleichförmigen Bewegung Aa Ruhe des Körpers in jedem Punkte, z. B. B, beweisen müßte, welches der obigen Behauptung widerspricht. Man stelle sich dagegen die Linie AB als über dem Punkt A aufgerichtet vor, so daß ein Körper von A nach B steigend, nachdem er durch seine Schwere im Punkte B die Bewegung verloren hat, von B nach A eben so wiederum zurückfalle; so entsteht die Frage, ob der Körper in B als bewegt, oder als ruhig angesehen werden könne? Ohne Zweifel wird man sagen, als ruhig; weil ihm alle vorherige Bewegung genommen worden, nachdem er diesen Punkt erreicht hat, und hernach eine gleichmäßige Bewegung zurück allererst erfolgen soll, folglich noch nicht da ist; der Mangel der Bewegung aber, wird man sagen, ist Ruhe. Aber in dem erstern Falle einer angenommenen gleichförmigen Bewegung konnte die Bewegung BA auch nicht anders eintreten, als dadurch, daß vorher die Bewegung AB aufgehört hatte, und die von B nach A noch nicht war, folglich, daß in B ein Mangel aller Bewegung, und nach der gewöhnlichen Erklärung, Ruhe angenommen werden mußte; aber man durfte sie doch nicht annehmen, weil, bey einer gegebenen Geschwindigkeit, kein Körper in einem Punkte seiner gleichförmigen Bewegung als ruhend gedacht werden muß. Der Grund, warum bey der steigenden und fallenden Bewegung Ruhe angenommen wird, liegt darin, daß diese Bewegung nicht als gleichförmig mit gegebener Geschwindigkeit gedacht wird, sondern zuerst als gleichförmig verzögert und hernach als gleichförmig beschleunigt, so doch, daß die Geschwindigkeit im Punkte B nicht gänzlich, sondern nur bis zu einem Grade, der

klei-

kleiner ist als jede nur anzugebende Geschwindigkeit, mit welcher, wenn, anstatt zurückzufallen, die Linie seines Falles BA in die Richtung Ba gestellt, mithin der Körper immer noch als steigend betrachtet würde, er, als mit einem bloßen Moment der Geschwindigkeit, (der Widerstand der Schwere wird alsdenn bey Seite gesetzt), in jeder noch so großen anzugebenden Zeit gleichförmig doch nur einen Raum, der kleiner ist als jeder anzugebende Raum, zurücklegen, mithin seinen Ort (für irgend eine mögliche Erfahrung) in alle Ewigkeit gar nicht verändern würde. Folglich wird er in den Zustand einer dauernden Gegenwart an demselben Orte, d. i. der Ruhe versetzt, ob sie gleich wegen der continuirlichen Einwirkung der Schwere, d. i. der Veränderung dieses Zustandes, sofort aufgehoben wird. In einem beharrlichen Zustande seyn, und darin beharren, sind zwey verschiedene Begriffe, deren einer dem andern keinen Abbruch thut. Auch kann die Ruhe nicht durch den Mangel der Bewegung, der sich, als = 0, gar nicht construiren läßt, sondern muß durch die beharrliche Gegenwart an demselben Orte erklärt werden, da denn dieser Begriff auch durch die Vorstellung einer Bewegung mit unendlich kleiner Geschwindigkeit, eine endliche Zeit hindurch construirt, mithin zur nachherigen Anwendung der Mathematik auf Naturwissenschaft genutzt werden kann.

Den Begriff einer zusammengesetzten Bewegung construiren heißt eine Bewegung, so fern sie aus zweyen, oder mehreren gegebenen in einem Beweglichen vereinigt entspringt, a priori in der Anschauung darstellen. Zur Construction der Begriffe ist erforderlich, daß die Bedingung ihrer Darstellung nicht von der Erfah-

Erfahrung entlehnt sey, also auch nicht gewisse Kräfte voraussetze, deren Existenz nur von der Erfahrung abgeleitet werden kann, oder überhaupt, daß die Bedingung der Construction nicht selbst ein Begriff seyn müsse, der gar nicht a priori in der Anschauung gegeben werden kann, wie z. B. der von Ursache und Wirkung, Handlung und Widerstand u. s. Die Regeln der Verbindung der Bewegungen durch physische Ursachen, d. i. durch Kräfte, lassen sich, ohne der vorhergegangenen rein mathematischen Erörterungen ihrer Zusammensetzung, nie gründlich vortragen. Zu diesem Behuf setzt Kant folgenden Grundsatz fest:

Eine jede Bewegung, als Gegenstand einer möglichen Erfahrung, kann nach Belieben, als Bewegung des Körpers in einem ruhigen Raume, oder als Ruhe des Körpers, und dagegen Bewegung des Raums in entgegengesetzter Richtung mit gleicher Geschwindigkeit angesehen werden.

Bey jeder Bewegung, als Gegenstand der Erfahrung, wird erfordert, daß nicht allein der Körper, sondern auch der Raum, worin er sich bewegt, Gegenstände der äußern Erfahrung, mithin materiell seyen. In aller relativen Bewegung kann aber der Raum selbst, weil er als materiell angenommen wird, als ruhig oder bewegt vorgestellt werden. Das erstere geschieht, wenn über den Raum, in Beziehung auf welchen man einen Körper als bewegt ansieht, kein mehr erweiterter und ihn einschließender gegeben ist; das zweyte, wenn über diesen Raum hinaus noch ein anderer Raum, der ihn einschließt, gegeben ist, da man alsdenn in Ansehung des leztern den nächsten Raum als bewegt und den Körper selbst ebenfalls als ruhig ansehen kann. Da es nun schlechter-

terdings unmöglich ist, von einem empirisch gegebenen Raume, wie erweitert er auch sey, auszumachen, ob er nicht in Ansehung eines in einem noch größern Umfange ihn einschließenden Raums selbst wiederum bewegt sey, oder nicht, so muß es aller Erfahrung und jeder Folge aus der Erfahrung völlig einerley seyn, ob man einen Körper als bewegt, oder als ruhig, den Raum aber in entgegengesetzter Richtung mit gleicher Geschwindigkeit bewegt ansehen will. Noch mehr; da der absolute Raum für alle mögliche Erfahrung nichts ist, so sind auch die Begriffe einerley, ob man sagt: ein Körper bewegt sich in Ansehung dieses gegebenen Raums in dieser Richtung mit dieser Geschwindigkeit, oder ob man ihn als ruhig denken, und dem Raum alles dieses, aber in entgegengesetzter Richtung, beylegen will.

Auch sind wir gar nicht im Stande, in irgend einer Erfahrung einen festen Punkt anzugeben, in Beziehung auf welchen bestimmt würde, was Bewegung und Ruhe absolut heißen sollte; denn alles, was uns auf solche Art gegeben ist, ist materiell, also auch beweglich, und vielleicht auch wirklich bewegt, ohne daß wir diese Bewegung woran wahrnehmen können. Von dieser Bewegung eines Körpers im empirischen Raume kann man nun einen Theil der gegebenen Geschwindigkeit dem Körper, den andern dem Raume, aber in entgegengesetzter Richtung, geben, und die ganze mögliche Erfahrung in Ansehung der Folgen dieser zwey verbundenen Bewegungen ist völlig einerley mit derjenigen, da man den Körper mit der ganzen Geschwindigkeit allein bewegt, oder ihn als ruhig und den Raum mit derselben Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung bewegt denkt. Hier wird aber

alle Bewegung als geradlinicht angenommen. Denn in Ansehung der krummlinichten Bewegung ist es nicht in allen Stücken einerley, ob man den Körper als bewegt, und den umgebenden Raum als ruhig, oder diesen als bewegt, und jenen als ruhig anzusehen befugt ist.

Die Zusammensetzung der Bewegung ist die Vorstellung der Bewegung eines Punkts als einerley mit zweyen oder mehreren Bewegungen desselben zusammen verbunden. Da in der Phoronomie die Materie als ein Punkt betrachtet werden kann, so läßt sich auch die Bewegung nur als Beschreibung eines Raums ansehen, doch so, daß man nicht bloß auf den beschriebenen Raum, sondern auch auf die Zeit darin, mithin auf die Geschwindigkeit, womit ein Punkt den Raum beschreibt, Acht hat. Phoronomie ist also die reine Größenlehre der Bewegungen. Der bestimmte Begriff von einer Größe ist der Begriff der Erzeugung der Vorstellung eines Gegenstandes durch die Zusammensetzung des Gleichartigen. Da nun der Bewegung nichts gleichartig ist, als wiederum Bewegung, so ist die Phoronomie eine Lehre der Zusammensetzung der Bewegungen eben desselben Punkts nach ihrer Richtung und Geschwindigkeit, d. i. die Vorstellung einer einzigen Bewegung, als einer solchen, die zwey und mehrere Bewegungen zugleich in sich enthält, oder zweyer Bewegungen eben desselben Punkts zugleich, so fern sie zusammen Eine ausmachen d. i. mit dieser einerley sind, und nicht etwa so fern sie die letztere, als Ursachen ihre Wirkung, hervorbringen. Uebrigens läßt sich die Lehre der Zusammensetzung aller Bewegungen auf die von zweyen zurückführen. Zwey Bewegungen aber eines und des-

sel-

selben Punkts, die zugleich an demselben angetroffen werden, können auf zwiefache Art unterschieden seyn, und, als solche, auf dreyfache Art an ihm verbunden werden. Erstlich geschehen sie entweder in einer und derselben Linie, oder in verschiedenen Linien zugleich; die letztern sind Bewegungen, die einen Winkel einschließen. Die, so in einer und derselben Linie geschehen, sind nun der Richtung nach entweder einander entgegengesetzt, oder halten einerley Richtung. Da alle diese Bewegungen als zugleich geschehend betrachtet werden, so ergiebt sich aus dem Verhältniß der Linien, d. i. der beschriebenen Räume der Bewegung, in gleicher Zeit, so fort auch das Verhältniß der Geschwindigkeit. Also sind der Fälle drey: 1. da zwey Bewegungen (sie mögen von gleichen oder ungleichen Geschwindigkeiten seyn) in einem Körper in derselben Richtung verbunden, eine daraus zusammengesetzte Bewegung ausmachen sollen; 2. da zwey Bewegungen desselben Punkts (von gleicher oder ungleicher Geschwindigkeit) in entgegengesetzter Richtung verbunden durch ihre Zusammensetzung eine dritte Bewegung in derselben Linie ausmachen sollen; 3. da zwey Bewegungen eines Punkts mit gleichen oder ungleichen Geschwindigkeiten, aber in verschiedenen Linien, die einen Winkel einschließen, als zusammengesetzt betrachtet werden.

Die Zusammensetzung zweyer Bewegungen eines und desselben Punkts kann nur dadurch gedacht werden, daß die eine derselben im absoluten Raume, statt der andern aber eine mit der gleichen Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung geschehende Bewegung des relativen Raums, als mit derselben einerley, vorgestellt wird.

Beweis.

Erster Fall. Wenn zwey Bewegungen in eben derselben Linie und Richtung einem und demselben Punkte zugleich zukommen. In einer Geschwindigkeit der Bewegung sollen zwey Geschwindigkeiten (fig. 2.) AB und ab als enthalten vorgestellt werden. Für jetzt nehme man diese Geschwindigkeiten als gleich an, so daß AB = ab, so behauptet Kant, sie können in einem und demselben Raume (dem absoluten oder relativen) an demselben Punkte nicht zugleich vorgestellt werden. Denn weil die Linien AB und ab, welche die Geschwindigkeiten bezeichnen, eigentlich die Räume sind, welche sie in gleichen Zeiten durchlaufen, so würde die Zusammensetzung dieser Räume AB und ab = BC, mithin die Linie AC, als die Summe der Räume, die Summe beyder Geschwindigkeiten ausdrücken müssen. Aber die Theile AB und BC stellen, jede für sich, nicht die Geschwindigkeit = ab vor; denn sie werden nicht in gleicher Zeit, wie ab, zurückgelegt. Also stellt auch die doppelte Linie AC, die in derselben Zeit zurückgelegt wird, wie die Linie ab, nicht die zwiefache Geschwindigkeit der letztern vor, welches doch verlangt wurde. Also läßt sich die Zusammensetzung zweyer Geschwindigkeiten in einer Richtung in demselben Raume nicht anschaulich darstellen.

Dagegen, wenn der Körper A mit der Geschwindigkeit AB im absoluten Raume als bewegt vorgestellt wird, und man überdem dem relativen Raume eine Geschwindigkeit ab = AB in entgegengesetzter Richtung ba = CB giebt, so ist dieses eben dasselbe, als ob man die letztere Geschwindigkeit dem Körper in der Richtung AB ertheilt hätte. Der Körper

per bewegt sich aber alsdann in derselben Zeit durch die Summe der Linien AB und BC = 2 ab, in welcher er die Linie ab = AB allein würde zurückgelegt haben, und seine Geschwindigkeit ist doch als die Summe der zwey gleichen Geschwindigkeiten AB und ab vorgestellt, welches das ist, was verlangt wurde.

Zweyter Fall. Wenn zwey Bewegungen in gerade entgegengesetzten Richtungen an einem und demselben Punkte verbunden werden sollen. Es sey (fig. 3.) AB die eine dieser Bewegungen und AC die andere in entgegengesetzter Richtung, deren Geschwindigkeit hier der erstern gleich seyn soll; so würde der Gedanke selbst, zwey solche Bewegungen in einem und demselben Raume an eben demselben Punkte als zugleich vorzustellen, mithin der Fall einer solchen Zusammensetzung der Bewegungen selbst, unmöglich seyn, welches der Voraussetzung zuwider ist.

Dagegen denke man sich die Bewegung AB im absoluten Raume, statt der Bewegung AC aber in demselben absoluten Raume die entgegengesetzte CA des relativen Raums mit eben derselben Geschwindigkeit, die der Bewegung AC völlig gleich gilt und also gänzlich an die Stelle derselben gesetzt werden kann; so lassen sich zwey gerade entgegengesetzte und gleiche Bewegungen desselben Punkts zu gleicher Zeit gar wohl darstellen. Weil nun der relative Raum mit derselben Geschwindigkeit CA = AB in derselben Richtung mit dem Punkte A bewegt ist, so verändert dieser Punkt, oder der in ihm befindliche Körper, in Ansehung des relativen Raums seinen Ort nicht, d.i. ein Körper, der nach zwey einander gerade entgegengesetzten Richtungen mit gleicher Geschwindigkeit bewegt wird, ruht, oder allgemein ausgedruckt: seine

Bewegung ist der Differenz der Geschwindigkeiten in der Richtung der grösseren gleich.

Dritter Fall. Wenn zwey Bewegungen eben desselben Punkts, nach Richtungen, welche einen Winkel einschließen, verbunden vorgestellt werden. Die zwey gegebenen Bewegungen sind (fig. 4.) AB und AC, deren Geschwindigkeit und Richtungen durch diese Linien, der Winkel aber, den die leztern einschließen, durch BAC ausgedruckt wird (er mag ein rechter, oder jeder andere beliebige Winkel seyn). Wenn nun diese zwey Bewegungen zugleich in den Richtungen AB und AC, und zwar in einem und demselben Raume geschehen sollen; so würden sie doch nicht in diesen beyden Linien AB und AC zugleich geschehen können, sondern nur in Linien, die diesen parallel laufen. Es würde also angenommen werden müssen, daß eine dieser Bewegungen in der andern eine Veränderung (nämlich die Abbringung von der gegebenen Bahn) bewirkte, wenn gleich ihre beyden Richtungen dieselben blieben. Dieses ist aber der Voraussezung des Lehrsatzes zuwider, welche unter dem Worte Zusammensezung andeutet: daß beyde gegebene Bewegungen in einer dritten enthalten, mithin mit dieser einerley seyn, und nicht, daß indem eine die andere verändert, sie eine dritte hervorbringen.

Dagegen nehme man die Bewegung AC als im absoluten Raume vor sich gehend an, anstatt der Bewegung AB aber die Bewegung des relativen Raums in entgegengesezter Richtung. Die Linie AC sey in drey gleiche Theile AE, EF, FC getheilt. Während nun der Körper A im absoluten Raume die Linie AE durchläuft, durchläuft der relative Raum, und mit ihm der Punkt E, den Raum

Ee = MA; während daß der Körper die zwey Theile zusammen = AF durchläuft, beschreibt der relative Raum, und mit ihm der Punkt F, die Linie Ff = NA; während daß der Körper endlich die ganze Linie AC durchläuft, beschreibt der Raum, und mit ihm der Punkt C, die Linie Cc = BA; welches alles eben dasselbe ist, als ob der Körper A in diesen drey Zeittheilen die Linien Em, Fn, und CD = AM, AN, AB und in der ganzen Zeit, worin er AC durchläuft, die Linie CD = AB durchlaufen hätte. Also ist er im letzten Augenblicke im Punkte D und in dieser ganzen Zeit nach und nach in allen Punkten der Diagonallinie AD, welche also sowohl die Richtung als Geschwindigkeit der zusammengesetzten Bewegung ausdruckt.

Kant bemerkt ganz richtig, daß die geometrische Construction erfordert, daß eine Größe mit der andern, oder zwey Größen in der Zusammensetzung mit einer dritten einerley seyen, nicht daß sie als Ursachen die dritte hervorbringen, welches die mechanische Construction seyn würde. Alle geometrische Construction der völligen Identität beruht aber auf Congruenz. Es kann also diese Congruenz zweyer zusammen verbundener Bewegungen mit einer dritten nie statt haben, wenn jene beyde in einem und demselben Raume z. B. dem relativen vorgestellt werden. Daher sind alle Versuche, obigen Lehrsatz in seinen drey Fällen zu beweisen, immer nur mechanische Auflösungen gewesen, da man nämlich bewegende Ursachen durch die eine gegebene Bewegung, mit einer andern verbunden, eine dritte hervorbringen ließ; nicht aber Beweise, daß jene mit dieser einerley sind, und sich, als solche, in der reinen Anschauung a priori darstellen lassen.

Wenn z. B. eine Geschwindigkeit (fig. 2.) AB doppelt genannt wird; so kann darunter nichts anders verstanden werden, als daß sie aus zwey einfachen und gleichen AB und BC bestehe. Erklärt man aber eine doppelte Geschwindigkeit dadurch, daß man sagt, sie sey eine Bewegung, wodurch in derselben Zeit ein doppelt so großer Raum zurückgelegt wird, so wird hier etwas angenommen, was sich nicht von selbst versteht, nämlich: daß sich zwey gleiche Geschwindigkeiten eben so verbinden lassen, wie zwey gleiche Räume, und es ist nicht für sich klar, daß eine gegebene Geschwindigkeit aus kleinern, und eine Schnelligkeit aus Langsamkeiten eben so bestehe, wie ein Raum aus kleinern Räumen; denn die Theile der Geschwindigkeit sind nicht außerhalb einander, wie die Theile des Raums, und wenn jene als Größe betrachtet werden soll, so muß der Begriff ihrer Größe, da sie intensiv ist, auf andere Art construirt werden, als der in der extensiven Größe des Raums. Die Construction ist aber auf keine andere Art möglich, als durch die mittelbare Zusammensetzung zweyer gleichen Bewegungen, wovon die eine die des Körpers, die andere des relativen Raums in entgegengesetzter Richtung, aber eben darum mit einer ihr gleichen Bewegung des Körpers in der vorigen Richtung völlig einerley ist.

Dynamik.

In der Dynamik wird dem phoronomischen Begriffe der Materie noch eine Eigenschaft beygefügt, welche sich als Ursache auf eine Wirkung bezieht, nämlich das Vermögen, einer Bewegung eines gewissen Raums zu widerstehen. Kant erklärt also hier die Materie als das Bewegliche, so fern es einen

einen Raum erfüllt. Einen Raum erfüllen, heißt allem Beweglichen widerstehen, das durch seine Bewegung in einen gewissen Raum einzudringen strebt. Ein Raum, der nicht erfüllt ist, ist ein leerer Raum.

Die Erfüllung des Raums hält einen gewissen Raum von dem Eindringen irgend eines andern beweglichen frey, wenn seine Bewegung auf irgend einen Ort in diesem Raume hingerichtet ist. Worauf nun der nach allen Seiten gerichtete Widerstand der Materie beruhe, und was er sey, muß noch untersucht werden. So viel erhellet aber schon aus der vorigen Erklärung, daß die Materie hier nicht so betrachtet wird, wie sie widersteht, wenn sie aus ihrem Orte getrieben und also selbst bewegt werden soll, sondern wenn bloß der Raum ihrer eigenen Ausdehnung verringert werden soll. Um die Ausdehnung eines Dinges im Raume zu bezeichnen, gebraucht man gewöhnlich diesen Ausdruck: einen Raum einnehmen d. h. in allen Punkten desselben unmittelbar gegenwärtig seyn. Da aber, nach Kants richtiger Bemerkung, in diesem Begriffe nicht bestimmt ist, welche Wirkung, oder ob gar überall eine Wirkung aus dieser Gegenwart entspringe, ob andern zu widerstehen, die hineinzudringen streben, oder ob es bloß einen Raum ohne Materie bedeute, in so fern er ein Inbegriff mehrerer Räume ist, wie man von jeder geometrischen Figur sagen kann: sie nimmt einen Raum ein (sie ist ausgedehnt), oder ob wohl gar im Raume etwas sey, was ein anderes bewegliche nöthigt, tiefer in denselben einzudringen (andere anzieht), da, wie gesagt, durch den Begriff des Einnehmens eines Raums dieses alles unbestimmt ist,

so ist: einen Raum erfüllen, eine nähere Bestimmung des Begriffs: einen Raum einnehmen.

Das Eindringen in einen Raum ist eine Bewegung. Der Widerstand gegen Bewegung ist die Ursache der Verminderung, oder auch Veränderung derselben in Ruhe. Nun kann aber mit keiner Bewegung etwas verbunden werden, was sie vermindert oder aufhebt, als eine andere Bewegung eben desselben Beweglichen in entgegengesetzter Richtung. Mithin ist der Widerstand, den eine Materie in dem Raum, den sie erfüllt, allem Eindringen anderer leistet, eine Ursache der Bewegung der letztern in entgegengesetzter Richtung. Die Ursache einer Bewegung heißt nun bewegende Kraft. Also erfüllt die Materie ihren Raum durch bewegende Kraft, und nicht durch ihre bloße Existenz.

Eine Kraft, welche dem Eindringen einer andern oder der Annäherung widersteht, heißt eine zurückstoßende, oder expansive Kraft. Also erfüllt die Materie ihre Räume durch repulsive Kräfte aller ihrer Theile, d. i. durch eine ihr eigene Ausdehnungskraft, welche einen bestimmten Grad hat, über den kleinere oder größere Grade ins Unendliche gedacht werden können.

Auch nennt man die expansive Kraft einer Materie Elasticität. Da nun jene der Grund ist, worauf die Erfüllung des Raums, als eine wesentliche Eigenschaft aller Materie, beruht, so muß diese Elasticität ursprünglich heißen; weil sie von keiner andern Eigenschaft der Materie abgeleitet werden kann. Alle Materie ist demnach ursprünglich elastisch.

Weil über jede ausdehnende Kraft eine größere bewegende Kraft gefunden werden kann; diese aber auch

auch jener entgegenwirken kann, wodurch sie alsdann den Raum der letzteren verengen würde, den diese zu erweitern trachtet, in welchem Falle die erstere eine zusammendruckende Kraft heißen würde, so muß auch für jede Materie eine zusammendruckende Kraft gefunden werden können, die sie von einem jeden Raum, den sie erfüllt, in einen engern Raum zu treiben vermag. Nun kann für jede gegebene ausdehnende Kraft der Materie eine größere zusammendruckende gefunden werden, welche sie in einen engern Raum zwingt, und so ins Unendliche; mithin folgt, daß die Materie ins Unendliche zusammengedruckt werden könne. Sie würde durchdrungen werden, wenn durch ihre Zusammendruckung der Raum ihrer Ausdehnung völlig aufgehoben würde. Dazu würde eine unendlich zusammendruckende Kraft erfordert werden, welche unmöglich ist. Also kann eine Materie durch Zusammendruckung von keiner andern durchdrungen werden.

Die Undurchdringlichkeit der Materie, welche auf dem Widerstande beruht, der mit den Graden der Zusammendruckung proportionirlich wächst, heißt die relative; diejenige aber, welche auf der Voraussetzung beruht, daß die Materie als solche gar keiner Zusammendruckung fähig sey, heißt die absolute Undurchdringlichkeit. Die Erfüllung des Raums mit absoluter Undurchdringlichkeit kann die mathematische, die mit bloß relativer die dynamische Erfüllung des Raums heißen.

Nach dem bloß mathematischen Begriffe der Undurchdringlichkeit widersteht die Materie als Materie allem Eindringen schlechterdings und mit absoluter Nothwendigkeit, und es ist keine Materie einer Zusammendruckung fähig, als so fern sie leere Räu-

me

me in sich enthält. Nach der dynamischen Erfüllung des Raums aber beruht die Undurchdringlichkeit auf einem physischen Grunde; denn die ausdehnende Kraft macht sie selbst, als ein Ausgedehntes, das seinen Raum erfüllt, allererst möglich. Da aber diese Kraft einen Grad hat, welcher überwältigt, mithin den Raum der Ausdehnung verringert, d. i. in denselben bis auf ein gewisses Maaß von einer gegebenen zusammendruckenden Kraft eingedrungen werden kann, doch so, daß die gänzliche Durchdringung, weil sie eine unendliche zusammendruckende Kraft erfordern würde, unmöglich ist; so muß die Erfüllung des Raums nur als relative Undurchdringlichkeit angesehen werden.

Ueberhaupt lassen sich nur zwey bewegende Kräfte der Materie denken. Denn alle Bewegung, die eine Materie einer andern eindrücken kann, da in dieser Rücksicht jede derselben nur wie ein Punkt betrachtet wird, muß jederzeit als in der geraden Linie zwischen zweyen Punkten ertheilt angesehen werden. In dieser geraden Linie aber sind nur zweyerley Bewegungen möglich; die eine, wodurch sich jene Punkte von einander entfernen, die zweyte, wodurch sie sich einander nähern, die erstere heißt eine Zurückstoßungs- und die andere eine Anziehungskraft. Also können nur diese zwey Arten von Kräften, als solche, worauf alle Bewegungskräfte in der materiellen Natur zurückgeführt werden müssen, gedacht werden.

Materielle Substanz nennt Kant dasjenige im Raume, was für sich, d. h. abgesondert von allem andern, was außer ihm im Raume existirt, beweglich ist. Die Bewegung eines Theils der Materie, wodurch sie aufhört ein Theil zu seyn, ist die Trennung.

nung. Die Trennung der Theile einer Materie ist die physische Theilung.

Er bemerkt ganz richtig, daß der Begriff einer Substanz das letzte Subjekt der Existenz bedeutet, d. i. dasjenige, was selbst nicht wiederum als Prädikat zur Existenz eines anderen gehört. Nun ist Materie das Subjekt alles dessen, was im Raume zur Existenz der Dinge gezählt werden mag; denn außer ihr würde sonst kein Subjekt gedacht werden können, als der Raum selbst; welcher aber ein Begriff ist, der noch gar nichts Existirendes, sondern bloß die nothwendigen Bedingungen der äußern Relation möglicher Gegenstände äußerer Sinne enthält. Also ist Materie, als das Bewegliche im Raume, die Substanz in demselben. Aber eben so werden auch alle Theile derselben, so fern man nur von ihnen sagen kann, daß sie selbst Subjekte und nicht bloß Prädikate von andern Materien seyen, Substanzen, mithin selbst wiederum Materie heißen müssen. Sie sind aber selbst Subjekte, wenn sie für sich beweglich und also auch außer der Verbindung mit andern Nebentheilen etwas im Raume existirendes sind. Also ist die eigene Beweglichkeit der Materie, oder irgend eines Theils derselben, zugleich ein Beweis dafür, daß dieses Bewegliche, und ein jeder beweglicher Theil desselben, Substanz sey.

Die Materie ist ins Unendliche theilbar, und zwar in Theile, deren jeder wiederum Materie ist. Denn in einem mit Materie erfüllten Raume enthält jeder Theil desselben repulsive Kraft, allen übrigen nach allen Seiten entgegenzuwirken; mithin ist ein jeder Theil eines durch Materie erfüllten Raums für sich selbst beweglich, folglich trennbar von den übri-

gen

gen als materielle Substanz durch physische Theilung. So weit sich also die mathematische Theilbarkeit des Raums, den eine Materie erfüllt, erstreckt, so weit erstreckt sich auch die mögliche physische Theilung der Substanz, die ihn erfüllt. Die mathematische Theilbarkeit aber geht ins Unendliche, folglich auch die physische, d. i. alle Materie ist ins Unendliche theilbar, wovon jeder Theil selbst wiederum materielle Substanz ist.

Der Mathematiker beweißt zwar ohne alle Widersprüche, daß der Raum unendlich theilbar sey, allein dadurch ist die unendliche Theilbarkeit der Materie noch nicht bewiesen, wenn nicht vorher dargethan worden: daß in jedem Theile des Raums materielle Substanz sey, d. h. für sich bewegliche Theile anzutreffen sind. Denn, wollte ein Monadist annehmen, die Materie bestände aus physischen Punkten, wovon ein jeder zwar keine bewegliche Theile habe, aber dennoch durch bloße repulsive Kraft einen Raum erfüllte; so würde er gestehen können, daß zwar dieser Raum, aber nicht die Substanz, die in ihm wirkt, mithin zwar die Sphäre der Wirksamkeit der letztern, aber nicht das wirkende bewegliche Subjekt selbst durch die Theilung des Raums zugleich getheilt werde. Also würde er die Materie aus physisch untheilbaren Theilen zusammensetzen, und sie doch auf dynamische Art einen Raum einnehmen lassen.

Durch den vorigen Beweis aber ist dem Monadisten diese Ausflucht gänzlich benommen. Denn daraus ist klar, daß in einem erfüllten Raume kein Punkt seyn könne, der nicht selbst nach allen Seiten Zurückstoßung ausübt, so wie er zurückgestoßen wird, mithin als ein außer jedem andern zurückstoßenden Punk-

Punkte befindliches gegenwirkendes Subjekt an sich selbst beweglich wäre, und daß die Hypothese eines Punkts, der durch bloße treibende Kraft, und nicht vermittelst anderer gleichfalls zurückstoßender Kräfte, einen Raum erfüllte, gänzlich unmöglich sey. Um dieses und dadurch auch den vorigen Beweis anschaulich zu machen, nehme man an, (fig. 5.) A sey der Ort einer Monas im Raume, ab sey der Durchmesser der Sphäre ihrer repulsiven Kraft, mithin aA der Halbmesser derselben, so ist zwischen a, wo dem Eindringen einer äußern Monade in den Raum, den jene Sphäre einnimmt, widerstanden wird, und dem Mittelpunkte derselben A, ein Punkt c anzugeben möglich. Wenn nun A demjenigen, was in a einzudringen trachtet, widersteht, so muß auch c den beyden Punkten A und a widerstehen. Denn wäre dieses nicht, so würden sie sich einander ungehindert nähern, folglich A und a im Punkte c zusammentreffen d. i. der Raum würde durchdrungen werden. Also muß in c etwas seyn, was dem Eindringen von A und a widersteht, und also die Monas A zurücktreibt, so wie es auch von ihr zurückgetrieben wird. Da nun Zurücktreiben eine Bewegung ist, so ist c etwas bewegliches im Raume, mithin Materie, und der Raum zwischen A und a konnte nicht durch die Sphäre der Wirksamkeit einer einzigen Monade angefüllt seyn, also auch nicht der Raum zwischen c und A, und so ins Unendliche.

Der dogmatische Physiker wird aber nun schliessen, wenn die Materie wirklich ins Unendliche theilbar ist, so besteht sie aus einer unendlichen Menge von Theilen; denn ein Ganzes muß doch alle die Theile zum voraus insgesammt schon in sich enthalten,

in

in die es getheilt werden kann. Dieser letzte Satz ist auch von einem jeden Ganzen, als Dinge als sich selbst, unbezweifelt gewiß. Allein da man doch nicht einräumen kann, die Materie, ja selbst nicht einmal der Raum, bestehe aus unendlich vielen Theilen (weil es ein Widerspruch ist, eine unendliche Menge, deren Begriff es schon mit sich bringt, daß sie niemals vollendet vorgestellt werden könne, sich als ganz vollendet zu denken), so muß man entweder behaupten: der Raum sey nicht ins Unendliche theilbar, oder: der Raum ist keine Eigenschaft eines Dinges an sich selbst, und also die Materie kein Ding an sich selbst, sondern bloße Erscheinung unserer äußern Sinne überhaupt, so wie der Raum die wesentliche Form derselben. Dieß letztere läßt sich nun ganz wohl durch die Vernunft gedenken, obgleich unmöglich anschaulich machen und construiren; denn ersteres läßt sich der Mathematiker nicht wegdemonstriren. Was nur dadurch wirklich ist, daß es in der Vorstellung gegeben ist, davon ist auch nicht mehr gegeben, als so viel in der Vorstellung angetroffen wird, d. i. so weit der Progressus der Vorstellungen reicht. Also von Erscheinungen, deren Theilung ins Unendliche geht, kann man nur sagen, daß der Theile der Erscheinung so viele sind, als wir deren nur geben, d. i. so weit wir nur immer theilen mögen. Denn die Theile, als zur Existenz einer Erscheinung gehörig, existiren nur in Gedanken, nämlich in der Theilung selbst. Nun geht zwar die Theilung ins Unendliche, aber sie ist doch niemals als unendlich gegeben; also folgt daraus nicht, daß das Theilbare eine unendliche Menge Theile an sich selbst und außer unserer Vorstellung in sich enthalte, darum, weil seine Theilung ins Unendliche geht. Denn es ist nicht das Ding, sondern

nur

nur die Vorstellung desselben, deren Theilung, ob sie zwar ins Unendliche fortgesetzt werden kann, und im Objekte, das an sich unbekannt ist, dazu auch ein Grund ist, dennoch nie vollendet, folglich ganz gegeben werden kann, und also auch keine wirkliche unendliche Menge im Objekte (als die ein ausdrücklicher Widerspruch seyn würde) beweißt.

Die Möglichkeit der Materie erfordert außer der Expansivkraft eine Anziehungskraft, als die zweyte wesentliche Grundkraft derselben. Denn die Undurchdringlichkeit, als die Grundeigenschaft der Materie, wodurch sie sich als etwas Reales im Raume unsern äußern Sinnen zuerst offenbart, ist nichts, als das Ausdehnungsvermögen der Materie. Nun kann eine wesentliche bewegende Kraft, wodurch die Theile der Materie einander fliehen, erstlich nicht durch sich selbst eingeschränkt werden, weil sich die Materie vielmehr dadurch bestrebt, den Raum, den sie erfüllt, continuirlich zu erweitern, zweytens auch nicht durch den Raum allein auf eine gewisse Grenze der Ausdehnung gesetzt werden; denn dieser kann zwar den Grund davon enthalten, daß bey Erweiterung des Volumens einer sich ausdehnenden Materie die ausdehnende Kraft im umgekehrten Verhältnisse schwächer werde, aber, weil von einer jeden bewegenden Kraft ins Unendliche kleinere Grade möglich sind, niemals den Grund enthalten, daß sie irgendwo aufhöre. Also würde die Materie durch ihre zurückstoßende Kraft allein, und, wenn ihr nicht eine andere bewegende Kraft entgegenwirkte, innerhalb keinen Grenzen der Ausdehnung gehalten seyn, d. i. sich ins Unendliche zerstreuen, und in keinem anzugebenden Raume würde eine anzugebende Quantität Materie anzutreffen

 seyn.

seyn. Folglich würden, bey bloß zurücktreibenden Kräften der Materie, alle Räume leer, mithin eigentlich gar keine Materie da seyn. Es erfordert also alle Materie zu ihrer Existenz Kräfte, die der ausdehnenden entgegengesetzt sind d. i. zusammendrückende Kräfte. Diese können aber ursprünglich nicht wiederum in der Entgegenstrebung einer andern Materie gesucht werden; denn diese bedarf, damit sie Materie sey, selbst einer zusammendruckenden Kraft. Also muß irgendwo eine ursprüngliche Kraft der Materie, welche in entgegengesetzter Richtung der repulsiven, mithin zur Annäherung wirkt, d. i. eine Anziehungskraft angenommen werden. Da nun diese Anziehungskraft zur Möglichkeit der Materie, als Materie, überhaupt gehört, folglich vor allen Unterschieden derselben vorhergeht, so darf sie nicht bloß einer besondern Gattung derselben, sondern muß jeder Materie überhaupt und zwar ursprünglich beygelegt werden. Also kommt aller Materie eine ursprüngliche Anziehung, als zu ihrem Wesen gehörige Grundkraft, zu.

Durch bloße Anziehungskraft, ohne Zurückstoßung, ist keine Materie möglich. Denn Anziehungskraft ist die bewegende Kraft der Materie, wodurch sie eine andere treibt, sich ihr zu nähern, folglich, wenn sie zwischen allen Theilen der Materie angetroffen wird, ist die Materie vermittelst ihrer bestrebt, die Entfernung ihrer Theile von einander, mithin auch den Raum, den sie zusammen einnehmen, zu verringern. Nun kann nichts die Wirkung einer bewegenden Kraft hindern, als eine andere ihr entgegengesetzte bewegende Kraft; diese aber, welche der Anziehung entgegengesetzt ist, ist die repulsive Kraft. Also würden, ohne repulsive Kräfte durch bloße Annähe-

näherung, alle Theile der Materie sich ohne Hinderniß einander nähern, und den Raum, den diese einnimmt, verringern. — Da nun in dem angenommenen Falle keine Entfernung der Theile ist, in welcher eine größere Annäherung durch Anziehung vermittelst einer zurückstoßenden Kraft unmöglich gemacht würde, so würden sie sich so lange zu einander bewegen, bis gar keine Entfernung zwischen ihnen angetroffen würde d. i. sie würden in einem mathematischen Punkt zusammenfließen, und der Raum würde leer, mithin ohne alle Materie seyn. Demnach ist Materie durch bloße Anziehungskräfte ohne zurückstoßende unmöglich.

Diejenige Eigenschaft, auf welcher als Bedingung selbst die innere Möglichkeit eines Dinges beruht, ist ein wesentliches Stück derselben. Also gehört die Zurückstoßungskraft zum Wesen der Materie eben sowohl, wie die Anziehungskraft, und keine kann von der andern im Begriff der Materie getrennt werden.

Berührung im physischen Verstande ist nach **Kant** die unmittelbare Wirkung und Gegenwirkung der Undurchdringlichkeit. Die Wirkung einer Materie auf die andere außer der Berührung ist die Wirkung in die Ferne. Diese Wirkung in die Ferne, welche auch ohne Vermittelung zwischen inne liegender Materie möglich ist, heißt die unmittelbare Wirkung in die Ferne, oder auch die Wirkung der Materie auf einander durch den leeren Raum.

Die aller Materie wesentliche Anziehung ist eine unmittelbare Wirkung derselben auf andere durch den leeren Raum. Denn die Anziehungskraft enthält

 selbst

selbst den Grund der Möglichkeit der Materie, als desjenigen Dinges, was einen Raum im bestimmten Grade erfüllt, mithin selbst sogar von der Möglichkeit einer physischen Berührung derselben. Sie muß also vor dieser hergehen, und ihre Wirkung muß folglich von der Bedingung der Berührung unabhängig seyn. Nun ist die Wirkung einer bewegenden Kraft, die von aller Berührung unabhängig ist, auch von der Erfüllung des Raums zwischen dem bewegenden und dem bewegten unabhängig, d. h. sie muß auch, ohne daß der Raum zwischen beyden erfüllt ist, statt finden, mithin als Wirkung durch den leeren Raum.

Den gemeinsten Einwurf wider die unmittelbare Wirkung in die Ferne, daß nämlich eine Materie doch nicht da, wo sie nicht ist, unmittelbar wirken könne, beantwortet Kant auf diese Art: Wenn die Erde den Mond unmittelbar treibt, sich ihr zu nähern, so wirkt die Erde auf ein Ding, das viele tausend Meilen von ihr entfernt ist, dennoch unmittelbar; der Raum zwischen ihr und dem Monde mag auch als völlig leer angesehen werden. Denn obgleich zwischen beyden Körpern Materie läge, so thut diese doch nichts zu jener Anziehung. Sie wirkt also an einem Orte, wo sie nicht ist, unmittelbar; etwas was dem Anscheine nach widersprechend ist. Allein es ist so wenig widersprechend, daß man vielmehr sagen kann, ein jedes Ding im Raume wirkt auf ein anderes nur an einem Ort, wo das Wirkende nicht ist. Denn sollte es an demselben Orte, wo es selbst ist, wirken, so würde das Ding, worauf es wirkt, gar nicht außer ihm seyn; denn dieses Außerhalb bedeutet die Gegenwart in einem Orte, worin das

das andere nicht ist. Wenn Erde und Mond einander auch berührten, so wäre doch der Punkt der Berührung ein Ort, in dem weder die Erde noch der Mond ist; denn beyde sind um die Summe ihrer Halbmesser von einander entfernt. Auch würde im Punkte der Berührung sogar kein Theil, weder der Erde, noch des Mondes, anzutreffen seyn, denn dieser Punkt liegt in der Grenze beyder erfüllten Räume, die keinen Theil weder von dem einen noch dem andern ausmacht. Daß also Materien in einander in der Entfernung nicht unmittelbar wirken können, würde so viel sagen, als, sie können in einander nicht unmittelbar wirken, ohne Vermittelung der Kräfte der Undurchdringlichkeit. Nun würde dieß eben so viel seyn, als ob man sagte: die repulsiven Kräfte sind die einzigen, womit Materien wirksam seyn können, oder sie sind wenigstens die nothwendigen Bedingungen, unter welchen allein Materien auf einander wirken können, welches entweder die Anziehungskraft für ganz unmöglich, oder doch immer von der Wirkung der repulsiven Kräfte abhängig erklären würde; beydes aber sind Behauptungen ohne allen Grund. Die Verwechselung der mathematischen Berührung der Räume und der physischen durch zurücktreibende Kräfte, macht hier den Grund des Mißverstandes aus. Sich unmittelbar außer der Berührung anziehen, heißt, sich einander nach einem beständigen Gesetze nähern, ohne daß eine Kraft der Zurückstoßung dazu die Bedingung enthalte, welches doch eben so gut sich denken lassen muß, als einander unmittelbar zurückstoßen, d. h. sich einander nach einem beständigen Gesetze fliehen, ohne daß die Anziehungskraft daran irgend einen Antheil habe. Denn beyde bewegende Kräfte sind von ganz verschiedener

Art, und es ist nicht der mindeste Grund dazu, eine von der andern abhängig zu machen, und ihr ohne Vermittelung der andern, die Möglichkeit abzustreiten.

Aus der Anziehung in der Berührung kann gar keine Bewegung entspringen; denn die Berührung ist Wechselwirkung der Undurchdringlichkeit, welche also alle Bewegung abhält. Mithin muß doch irgend eine unmittelbare Anziehung außer der Berührung und folglich in der Entfernung angetroffen werden; denn sonst könnten selbst die druckenden und stoßenden Kräfte, welche die Bestrebung zur Annäherung hervorbringen sollen, da sie in entgegengesetzter Richtung mit der repulsiven Kraft der Materie wirken, keine, wenigstens nicht in der Natur der Materie ursprünglich liegende, Ursache haben. Man kann diejenige Anziehung, die ohne Vermittelung der repulsiven Kräfte geschieht, die wahre Anziehung, diejenige, welche bloß auf jene Art vor sich geht, die scheinbare nennen; denn eigentlich übt der Körper, dem ein anderer sich bloß darum zu nähern bestrebt, weil dieser anderweitig durch Stoß zu ihm getrieben worden, gar keine Anziehungskraft auf diesen aus. Aber selbst diese scheinbaren Anziehungen müssen doch zuletzt eine wahre zum Grunde haben, weil Materie, deren Druck oder Stoß statt Anziehung dienen soll, ohne anziehende Kräfte nicht einmal Materie seyn würde, und folglich die Erklärungsart aller Phänomene der Annäherung durch bloß scheinbare Anziehung sich im Cirkel herum dreht. Man hält gemeiniglich dafür, fährt Kant fort, Newton habe zu seinem System gar nicht nöthig gefunden, eine unmittelbare Attraction der Materien anzunehmen,

men, sondern mit der strengsten Enthaltsamkeit der reinen Mathematik hierin den Physikern volle Freyheit gelassen, die Möglichkeit derselben zu erklären, wie sie es für gut finden möchten, ohne seine Sätze mit ihrem Hypothesenspiel zu bemengen. Allein wie konnte er den Satz gründen, daß die allgemeine Anziehung der Körper, die sie in gleichen Entfernungen um sich ausüben, der Quantität ihrer Materie proportional sey, wenn er nicht annahm, daß alle Materie, mithin bloß als Materie und durch ihre wesentliche Eigenschaft, diese Bewegungskraft ausübe? Denn obgleich freylich zwischen zweyen Körpern, sie mögen der Materie nach gleichartig seyn, oder nicht, wenn der eine den andern zieht, die wechselseitige Annäherung (nach dem Gesetze der Gleichheit der Wechselwirkung) immer in umgekehrtem Verhältniß der Quantität der Materie geschehen muß, so macht dieses Gesetz doch nur ein Princip der Mechanik, aber nicht der Dynamik, d. i. es ist ein Gesetz der Bewegungen, die aus anziehenden Kräften folgen, nicht der Proportion der Anziehungskräfte selbst, und gilt von allen bewegenden Kräften überhaupt.

Eine solche bewegende Kraft, wodurch Materien nur in der gemeinschaftlichen Fläche der Berührung unmittelbar auf einander wirken können, nennt Kant eine Flächenkraft; diejenige aber, wodurch eine Materie auf die Theile der andern auch über die Fläche der Berührung hinaus unmittelbar wirken kann, eine durchdringende Kraft.

Es ist also die Zurückstoßungskraft, vermittelst welcher die Materie einen Raum erfüllt, eine bloße Flächenkraft. Denn die einander berührenden Theile begrenzen einer den Wirkungsraum der andern, und

 die

die repulsive Kraft kann keinen entferntern Theil bewegen, ohne vermittelst der dazwischen liegenden, und eine quer durch diese gehende unmittelbare Wirkung einer Materie auf eine andere durch Ausdehnungskräfte ist unmöglich. Dagegen der Wirkung einer Anziehungskraft, vermittelst deren eine Materie einen Raum einnimmt, ohne ihn zu erfüllen, wodurch sie also auf andere entfernte wirkt durch den leeren Raum, setzt keine Materie, die dazwischen liegt, Grenzen. So muß nun die ursprüngliche Anziehung, welche die Materie selbst möglich macht, gedacht werden, und also ist sie eine durchdringende Kraft, und eben daher jederzeit der Quantität der Materie proportional.

Die ursprüngliche Anziehungskraft, worauf selbst die Möglichkeit der Materie, als einer solchen, beruht, erstreckt sich im Weltraume von jedem Theile derselben auf jeden andern unmittelbar ins Unendliche. Denn da die ursprüngliche Anziehungskraft zum Wesen der Materie gehört, so kommt sie auch jedem Theile derselben zu, nämlich unmittelbar auch in die Ferne zu wirken. Gesetzt nun, es gebe eine Entfernung, über welche hinaus sie sich nicht erstreckte, so würde diese Bewegung der Sphäre ihrer Wirksamkeit entweder auf der innerhalb dieser Sphäre liegenden Materie, oder bloß auf die Größe des Raums, auf welchen sie diesen Einfluß verbreitet, beruhen. Das erstere findet nicht statt; denn diese Anziehung ist eine durchdringende Kraft, und wirkt unmittelbar in der Entfernung, ungeachtet aller dazwischen liegenden Materien, durch jeden Raum, als einen leeren Raum. Das zweyte findet gleichfalls nicht statt: denn weil eine jede anziehende Kraft eine bewegende Kraft ist, die einen Grad hat, unter dem ins Unend-

endliche noch immer kleinere gedacht werden können; so würde in der größern Entfernung zwar ein Grund liegen, den Grad der Attraction, nach dem Maaße der Ausbreitung der Kraft, in umgekehrtem Verhältnisse zu vermindern, niemals aber sie völlig aufzuheben. Da nun also nichts ist, was die Sphäre der Wirksamkeit der ursprünglichen Anziehung jedes Theils der Materie irgendwo begrenzte, so erstreckt sie sich über alle anzugebende Grenzen auf jede andere Materie, mithin im Weltraume ins Unendliche.

Die Möglichkeit eines in einem bestimmten Grade erfüllten Raums muß also aus der ursprünglichen Anziehungskraft in Verbindung mit der ihr repulsiven Kraft abgeleitet werden können, und so würde der dynamische Begriff der Materie, als des beweglichen, das seinen Raum erfüllt, construirt werden. Da aber hiezu ein Gesetz des Verhältnisses, sowohl der anziehenden, als repulsiven Kraft, erforderlich ist, so ist dieß nur eine reine mathematische Aufgabe, und gehört nicht mehr zur Metaphysik.

Die Wirkung der allgemeinen Anziehung, welche alle Materie auf alle und in allen Entfernungen unmittelbar ausübt, heißt die Gravitation; die Bewegung, in der Richtung der größern Gravitation sich zu bewegen, ist die Schwere. Die Wirkung von der durchgängigen repulsiven Kraft der Theile jeder gegebenen Materie heißt dieser ihre ursprüngliche Elasticität. Diese also und die Schwere machen die einzigen a priori einzusehenden allgemeinen Charaktere der Materie, jene innerlich, diese im äußern Verhältnisse aus; denn auf den Gründen beyder beruht die Möglichkeit der Materie selbst. Zusammenhang, wenn er als die wechselseitige Anzie-

hung der Materie, die lediglich auf die Bedingung der Berührung eingeschränkt ist, erklärt wird, gehört nicht zur Möglichkeit der Materie überhaupt, und kann daher a priori als damit verbunden nicht erkannt werden. Diese Eigenschaft würde also nicht metaphysisch, sondern physisch seyn.

Uebrigens fügt Kant noch eine kleine Vorerinnerung zum Behufe des Versuchs einer solchen vielleicht möglichen Construction der Materie bey.

1. Von einer jeden Kraft, welche in verschiedenen Weiten unmittelbar wirkt, und in Ansehung des Grades, womit sie auf einen jeden in gewisser Weite gegebenen Punkt bewegende Kraft ausübt, nur durch die Größe des Raums, in welchen sie sich ausbreiten muß, um auf jenen Punkt zu wirken, eingeschränkt wird, kann man sagen: daß sie in allen Räumen, in die sie sich verbreitet, so klein oder groß sie auch seyn mögen, immer ein gleiches Quantum ausmache, daß aber der Grad ihrer Wirkung auf jenen Punkt in diesem Raume jederzeit im umgekehrten Verhältniß des Raums stehe, in welchen sie sich hat verbreiten müssen, um auf ihn wirken zu können. So breitet sich z. B. von einem leuchtenden Punkte das Licht allerwärts in Kugelflächen aus, die mit den Quadraten der Entfernung immer wachsen, und das Quantum der Erleuchtung ist in allen diesen ins Unendliche größeren Kugelflächen im Ganzen immer dasselbe, woraus aber folgt: daß ein in dieser Kugelfläche angenommener gleicher Theil dem Grade nach desto weniger erleuchtet seyn müsse, als jene Fläche der Verbreitung eben desselben Lichtquantums größer ist, und so bey allen andern Kräften und Gesetzen, nach welchen sie sich entweder in Flächen, oder auch kör-

körperlichen Raum, verbreiten müssen, um ihrer Natur nach auf entfernte Gegenstände zu wirken. Es ist besser, die Verbreitung einer bewegenden Kraft aus einem Punkt in alle Weiten so vorzustellen, als auf die gewöhnliche Art, wie es unter andern in der Optik geschieht, durch von einem Mittelpunkt aus einander laufende Zirkelstrahlen. Denn da auf solche Art gezogene Linien niemals den Raum, durch den sie gehen, und also auch nicht die Fläche, auf die sie treffen, füllen können, so viel deren auch gezogen oder angelegt werden, welches die unvermeidliche Folge ihrer Divergenz ist, so geben sie nur zu beschwerlichen Folgerungen, diese aber zu Hypothesen Anlaß, die gar wohl vermieden werden könnten, wenn man bloß die Größe der ganzen Kugelfläche in Betrachtung zöge, die von derselben Quantität Licht gleichförmig erleuchtet werden soll, und den Grad der Erleuchtung derselben in jeder Stelle, wie natürlich, im umgekehrten Verhältnisse ihrer Größe zum Ganzen nimmt, und so bey aller anderer Verbreitung einer Kraft durch Räume von verschiedener Größe.

2. Wenn die Kraft eine unmittelbare Anziehung in der Ferne ist, so muß um desto mehr die Richtungslinie der Anziehung nicht, als ob sie von dem ziehenden Punkte wie Strahlen ausliefen, sondern so wie sie von allen Punkten der umgebenden Kugelfläche zum ziehenden Punkt zusammenlaufen, vorgestellt werden. Denn selbst die Richtungslinie der Bewegung zum Punkte hin, der die Ursache und Ziel derselben ist, giebt schon den terminus a quo an, von wo die Linien anfangen müssen, nämlich von allen Punkten der Oberfläche, von dem sie zum ziehenden Mittelpunkte und nicht umgekehrt ihre Richtung haben;

ben; denn jene Fläche bestimmt allein die Menge der Linien, der Mittelpunkt läßt sie unbestimmt.

3. Wenn die Kraft eine unmittelbare Zurückstoßung ist, wodurch ein Punkt einen Raum dynamisch erfüllt; und es ist die Frage, nach welchem Gesetze der unendlich kleinen Entfernungen eine ursprüngliche repulsive Kraft in verschiedenen Entfernungen wirke: so kann man noch weniger diese Kraft durch divergirende Zurückstoßungsstrahlen aus dem angenommenen repellirenden Punkte vorstellig machen, obgleich die Richtung der Bewegung ihn zum terminus a quo hat, weil der Raum, in welchem die Kraft verbreitet werden muß, um in der Entfernung zu wirken, ein körperlicher Raum ist, der als erfüllt gedacht werden soll, und divergirende Strahlen aus einem Punkte die repellirende Kraft eines körperlichen erfüllten Raums unmöglich vorstellig machen können: sondern man würde die Zurückstoßung, bey verschiedenen unendlich kleinen Entfernungen dieser einander treibenden Punkte, schlechterdings bloß im umgekehrten Verhältnisse der körperlichen Räume, die jeder dieser Punkte dynamisch erfüllt, mithin des Würfels der Entfernungen derselben von einander, schätzen, ohne sie construiren zu können.

4. Also würde die ursprüngliche Anziehung der Materie in umgekehrtem Verhältniß der Quadrate der Entfernung in alle Weiten, die ursprüngliche Zurückstoßung in umgekehrtem Verhältniß der Würfel der unendlich kleinen Entfernungen wirken, und durch eine solche Wirkung und Gegenwirkung beyder Grundkräfte würde Materie von einem bestimmten Grade der Erfüllung ihres Raums möglich seyn; weil, da die Zurückstoßung bey Annäherung der Theile in größerm

ßerm Maaße wächst, als die Anziehung die Grenze der Annäherung, über die durch gegebene Anziehung keine größere möglich ist, mithin auch jener Grad der Zusammendruckung bestimmt ist, der das Maaß der intensiven Erfüllung des Raums ausmacht.

Kant bemerkt hiebey aber, daß er wohl die Schwierigkeit dieser Erklärungsart sehe, der Möglichkeit der Materie überhaupt, die darin besteht, daß, wenn ein Punkt durch repulsive Kräfte unmittelbar keinen andern treiben kann, ohne zugleich den ganzen körperlichen Raum bis zu der gegebenen Entfernung durch seine Kraft zu erfüllen, dieser alsdenn, wie zu folgen scheint, mehrere treibende Kräfte enthalten müßte, welches der Voraussetzung widerspricht, und oben unter dem Nahmen einer Sphäre der Zurückstoßung des Einfachen im Raume widerlegt waren. Es sey aber ein Unterschied zwischen dem Begriffe eines wirklichen Raums, der gegeben werden kann, und der bloßen Idee von einem Raume, der lediglich zur Bestimmung des Verhältnisses gegebener Räume gedacht wird, aber in der That kein Raum ist, zu machen. In dem angeführten Falle einer vermeinten physischen Monadologie sollten es wirkliche Räume seyn, welche von einem Punkte dynamisch, nämlich durch Zurückstoßung, erfüllt wären; denn sie existirten, als Punkte, vor aller daraus möglichen Erzeugung der Materie, und bestimmten durch die ihnen eigene Sphäre ihrer Wirksamkeit den Theil des zu erfüllenden Raums, der ihnen angehören könnte. Daher könne in gedachter Hypothese die Materie auch nicht als ins Unendliche theilbar und als Quantum continuum angesehen werden; denn die Theile, welche einander unmittelbar zurückstoßen, haben doch eine bestimm-

stimmte Entfernung von einander, (die Summe der Halbmesser der Sphäre ihrer Zurückstoßung); dagegen, wenn man die Materie als stetige Größe betrachtet, ganz und gar keine Entfernung der einander unmittelbar zurückstoßenden Theile statt findet, folglich auch keine größer oder kleiner werdende Sphäre ihrer unmittelbaren Wirksamkeit. Nun können sich aber Materien ausdehnen, oder zusammengedruckt werden, und da stellt man sich eine Entfernung ihrer nächsten Theile vor, die da wachsen und abnehmen können. Weil aber die nächsten Theile einer stetigen Materie einander berühren, sie mag nun weiter ausgedehnt oder zusammengedruckt seyn, so denkt man sich jene Entfernungen von einander als unendlich klein, und diesen unendlich kleinen Raum als im größern oder kleinern Grade von ihrer Zurückstoßungskraft erfüllt vor. Der unendlich kleine Zwischenraum ist aber von der Berührung gar nicht verschieden, also nur die Idee vom Raume, die dazu dient, um die Erweiterung einer Materie, als stetiger Größe, anschaulich zu machen, ob sie zwar wirklich so gar nicht begriffen werden kann. Wenn es also heißt, die zurückstoßenden Kräfte der einander unmittelbar treibenden Theile der Materie stehen im umgekehrten Verhältnisse der Würfel ihrer Entfernungen, so bedeutet das nur: sie stehen im umgekehrten Verhältnisse der körperlichen Räume, die man sich zwischen Theilen denkt, die einander dennoch unmittelbar berühren, und deren Entfernung eben darum unendlich klein genannt werden muß, damit sie von aller wirklichen Entfernung unterschieden werde. Man muß daher aus den Schwierigkeiten der Construction eines Begriffs, oder vielmehr aus der Mißdeutung derselben, keinen Einwurf wider den Begriff selbst

machen;

machen; denn sonst würde er die mathematische Darstellung der Proportion, mit welcher die Anziehung in verschiedenen Entfernungen geschieht, eben so wohl, als diejenigen, wodurch ein jeder Punkt in einem sich ausdehnenden oder zusammengedruckten Ganzen von Materie den andern unmittelbar zurückstößt, treffen. Das allgemeine Gesetz der Dynamik würde in beyden Fällen dieses seyn: die Wirkung der bewegenden Kraft, die von einem Punkte auf jeden andern außer ihm ausgeübt wird, verhält sich umgekehrt wie der Raum, in welchem dasselbe Quantum der bewegenden Kraft sich hat ausbreiten müssen, um auf diesen Punkt unmittelbar in der bestimmten Entfernung zu wirken.

Endlich fügt Kant noch eine allgemeine Anmerkung zur Dynamik hinzu, aus welcher das wesentlichste angeführt zu werden verdient, besonders da sie Begriffe enthält, die weit bestimmter als die vormaligen, und nun von den meisten Physikern angenommen sind. Aus der bisherigen Erörterung der Eigenschaften der Materie folgt, daß der Raum, wenn man es nöthig finden sollte, auch ohne leere Zwischenräume innerhalb der Materie auszustreuen, allenfalls durchgängig und gleichwohl in verschiedenem Grade erfüllt angenommen werden könne. Denn es kann nach dem verschiedenen Grade der repulsiven Kräfte, auf welchen die erste Eigenschaft der Materie, nämlich die, einen Raum zu erfüllen, beruht, ihr Verhältniß zur ursprünglichen Anziehung (es sey einer jeden Materie für sich selbst, oder zur vereinigten Anziehung aller Materie des Universums) unendlich verschieden gedacht werden, weil die Anziehung auf der Menge der Materie in einem gegebenen Raume

me beruht, da hingegen die expansive Kraft derselben auf dem Grade ihn zu erfüllen, der specifisch sehr verschieden seyn kann; wovon der allgemeine Grund dieser ist, daß durch wahre Anziehung alle Theile der Materie unmittelbar auf alle Theile der andern, durch expansive Kraft aber nur auf die in der Berührungsfläche wirken, wobey es einerley ist, ob hinter dieser viel oder wenig von dieser Materie angetroffen werde. Hieraus allein entspringt nun schon ein großer Vortheil für die Naturwissenschaft, weil ihr dadurch die Last abgenommen wird, aus dem Vollen und Leeren eine Welt bloß nach der Phantasie zu zimmern, vielmehr alle Räume voll und doch in verschiedenem Maaße erfüllt gedacht werden können, wodurch der leere Raum wenigstens seine Nothwendigkeit verliert, und auf den Werth einer Hypothese zurückgesetzt wird, da er sonst, unter dem Vorwande einer zur Erklärung der verschiedenen Grade der Erfüllung des Raums nothwendigen Bedingung, sich des Titels eines Grundsatzes anmaaßen konnte.

Bey alle dem ist der Vortheil einer hier methodisch gebrauchten Metaphysik, in Abstellung ebenfalls metaphysischer, aber nicht auf die Probe der Critik gebrachter Principien, bloß negativ. Indirekt wird gleichwohl dadurch dem Naturforscher sein Feld erweitert; weil die Bedingungen, durch die er es selbst vorher einschränkte, und wodurch alle ursprüngliche Bewegungskräfte wegphilosophirt wurden, jetzt ihre Gültigkeit verlieren. Man hüte sich aber, über das, was den allgemeinen Begriff einer Materie überhaupt möglich macht, hinaus zu gehen, und die besondere oder sogar specifische Bestimmung und Verschie-

schiedenheit derselben a priori erklären zu wollen. Der Begriff der Materie wird auf lauter bewegende Kräfte zurückgeführt, welches auch nicht anders zu erwarten war, weil im Raume keine Thätigkeit, keine Veränderung, sondern bloß Bewegung gedacht werden kann. Allein wer will die Möglichkeit der Grundkräfte einsehen? sie können nur angenommen werden, wenn sie zu einem Begriff, von dem es erweislich ist, daß er ein Grundbegriff sey, der von keinem andern weiter abgeleitet werden kann, unvermeidlich gehören, und dieses sind Zurückstoßungs- und ihnen entgegenwirkende Anziehungskräfte überhaupt. Von deren Verknüpfung und Folgen kann man allenfalls a priori noch wohl urtheilen, welche Verhältnisse derselben unter einander man sich, ohne sich selbst zu widersprechen, denken könne, aber sich darum doch nicht anmaaßen, eine derselben als wirklich anzunehmen, weil zur Befugniß, eine Hypothese zu errichten, unnachläßlich erfordert wird, daß die Möglichkeit dessen, was man annimmt, völlig gewiß sey; bey Grundkräften aber die Möglichkeit derselben niemals eingesehen werden kann. Und hierin hat ohne Zweifel die mathematisch-mechanische Erklärungsart über die metaphysisch-dynamische einen Vortheil, der ihr nicht abgewonnen werden kann, nämlich aus einem durchgehends gleichartigen Stoffe, durch die mannichfaltige Gestalt der Theile, vermittelst eingestreueter leerer Zwischenräume, eine große specifische Mannichfaltigkeit der Materien, sowohl ihrer Dichtigkeit als Wirkungsart nach, (wenn fremde Kräfte hinzukommen) zu Stande zu bringen. Denn die Möglichkeit der Gestalten sowohl als der leeren Zwischenräume läßt sich mit mathematischer Evidenz darthun; dagegen, wenn der Stoff selbst in Grundkräfte aufgelößt wird (deren Ge-

Gesetze a priori zu bestimmen, noch weniger aber eine Mannichfaltigkeit derselben, welche zu Erklärung der specifischen Verschiedenheit der Materie zureichte, zuverlässig anzugeben, wir nicht im Stande sind), uns alle Mittel abgehen, diesen Begriff der Materie zu construiren, und in der Anschauung als möglich darzustellen. Aber jenen Vortheil büßt dagegen eine bloß mathematische Physik auf der andern Seite doppelt ein, indem sie erstlich einen leeren Begriff (der absoluten Undurchdringlichkeit) zum Grunde legen, zweytens alle der Materie eigene Kräfte aufgeben muß, und überdem noch mit ihren ursprünglichen Configurationen des Grundstoffs und Einstreuung der leeren Räume, nachdem es das Bedürfniß zu Erklären erfordert, der Einbildungskraft im Felde der Philosophie mehr Freyheit, ja gar rechtmäßigen Anspruch verstatten muß, als sich wohl mit der Behutsamkeit der letztern zusammenreimen läßt.

Was nun die Hauptmomente betrifft, worauf sich die specifische Verschiedenheit der Materie insgesammt a priori bringen lassen muß, so hat Kant diese auf folgende Art dargestellt, und zugleich zwischen den Erklärungen Anmerkungen hineingeschoben, welche die Anwendung derselben erläutern.

1. Ein Körper, in physischer Bedeutung, ist eine Materie zwischen bestimmten Grenzen (die also eine Figur hat). Der Raum zwischen diesen Grenzen, seiner Größe nach betrachtet, ist der Raumesinhalt. Der Grad der Erfüllung eines Raums von bestimmtem Inhalt heißt Dichtigkeit. Sonst wird der Ausdruck dicht auch absolut gebraucht für das, was nicht hohl (blasigt, löcherlicht) ist. In dieser Bedeutung giebt es eine absolute Dichtigkeit in dem

System

System der absoluten Undurchdringlichkeit, und zwar, wenn eine Materie gar keine leere Zwischenräume enthält. Nach diesem Begriffe von Erfüllung des Raums stellt man, wie bekannt, Vergleichungen an, und nennt eine Materie dichter als die andere, die weniger Leeres in sich enthält, bis endlich die, in der kein Theil des Raums leer ist, vollkommen dicht heißt. Des letztern Ausdrucks kann man sich nur nach dem bloß mathematischen Begriffe der Materie bedienen, allein im dynamischen Systeme einer bloß relativen Undurchdringlichkeit giebt es kein Maximum oder Minimum der Dichtigkeit, und gleichwohl kann jede noch so dünne Materie doch völlig dicht heißen, wenn sie ihren Raum ganz erfüllt, ohne leere Zwischenräume zu enthalten, mithin ein Continuum, nicht ein Interruptum ist; allein sie ist doch in Vergleichung mit einer andern weniger dicht, in dynamischer Bedeutung, wenn sie ihren Raum zwar ganz, aber nicht in gleichem Grade erfüllt. Allein auch in dem letztern System ist es unschicklich, sich ein Verhältniß der Materien ihrer Dichtigkeit nach zu denken, wenn man sie sich nicht unter einander als specifisch gleichartig vorstellt, so daß eine aus der andern durch bloße Zusammendruckung erzeugt werden kann. Da nun das letztere nicht eben nothwendig zur Natur aller Materie an sich erforderlich zu seyn scheint, so kann zwischen ungleichartigen Materien keine Vergleichung in Ansehung ihrer Dichtigkeit füglich statt finden, z. B. zwischen Wasser und Quecksilber, ob es gleich im Gebrauche ist.

2. Anziehung, so fern sie bloß als in der Berührung wirksam gedacht wird, heißt Zusammenhang. Zwar thut man, bemerkt Kant, durch sehr gute

Versuche dar, daß dieselbe Kraft, die in der Berührung Zusammenhang heißt, auch in sehr kleiner Entfernung wirksam befunden werde; allein die Anziehung heißt doch nur Zusammenhang, so fern man sie bloß in der Berührung denkt, der gemeinen Erfahrung gemäß, bey welcher sie in kleinen Entfernungen kaum wahrgenommen wird. Zusammenhang wird gemeinhin für eine ganz allgemeine Eigenschaft der Materie angenommen, nicht, als ob man zu ihr schon durch den Begriff einer Materie geleitet würde, sondern weil die Erfahrung sie allerwärts darthut. Allein diese Allgemeinheit muß nicht collectiv verstanden werden, als ob jede Materie durch diese Art der Anziehung auf jede andere im Weltraume zugleich wirkte (dergleichen die der Gravitation ist), sondern bloß disjunktiv, nämlich auf eine oder die andere, von welcher Art Materien sie auch seyn mag, die mit ihr in Berührung kommt. Um deswillen, und da diese Anziehung, wie verschiedene Beweisgründe es darthun können, nicht durchdringend, sondern nur Flächenkraft ist, da sie sich selbst als solche nicht einmal allerwärts nach der Dichtigkeit richtet, da zur völligen Stärke des Zusammenhanges ein vorhergehender Zustand der Flüssigkeit der Materien und der nachmaligen Erstarrung derselben erforderlich ist, und die allergenaueste Berührung gebrochener fester Materien in eben denselben Flächen, mit denen sie vorher so stark zusammenhiengen, z. B. eines Spiegelglases, das einen Riß hat, dennoch bey weitem den Grad der Anziehung nicht mehr verstattet, den es von seiner Erstarrung nach dem Flusse vorher hatte, so hält Kant diese Attraction in der Berührung für keine Grundkraft der Materie, sondern für eine nur abgeleitete. Eine Materie, deren Theile, ohnerachtet ihres

noch

noch so starken Zusammenhanges unter einander, dennoch von jeder noch so kleinen bewegenden Kraft an einander verschoben werden können, ist flüssig. Theile einer Materie werden aber an einander verschoben, wenn sie, ohne das Quantum der Berührung zu vermindern, nur genöthigt werden, diese unter einander zu verwechseln. Theile, mithin auch Materien, werden getrennt, wenn die Berührung mit andern nicht bloß verwechselt, sondern aufgehoben, oder ihr Quantum vermindert wird. Ein fester (besser ein starrer) Körper (corpus rigidum) ist derjenige, dessen Theile nicht durch jede Kraft an einander verschoben werden können. Das Hinderniß des Verschiebens der Materien an einander ist die Reibung. Der Widerstand gegen die Trennung sich berührender Materien ist der Zusammenhang. Flüssige Materien erleiden also in ihrer Theilung keine Reibung, sondern, wo diese angetroffen wird, werden die Materien als starr, in größerm oder geringerm Grade, wovon der letzte Klebrichkeit heißt, wenigstens ihren kleinern Theilen nach, angenommen. Der starre Körper ist spröde, wenn seine Theile an einander nicht verschoben werden können, ohne zu reißen, mithin wenn der Zusammenhang derselben nicht kann verändert werden, ohne zugleich aufgehoben zu werden. Kant bemerkt ganz richtig, daß man sehr irrig den Unterschied der flüssigen und festen Materien in dem verschiedenen Grade des Zusammenhanges ihrer Theile setzt. Denn, um eine Materie flüssig nennen zu können, kommt es nicht auf den Grad des Widerstandes an, den sie dem Zerreißen, sondern nur dem Verschieben ihrer Theile an einander entgegensetzt. Jener kann so groß seyn als man will, so ist doch dieser jederzeit in einer flüssigen Materie = 0. Man betrach-

te einen Tropfen Wasser. Wenn ein Theilchen innerhalb demselben durch eine noch so große Anziehung der Nebentheile, die es berühren, nach der einen Seite gezogen wird, so wird eben dasselbe doch auch gerade eben so viel nach der entgegengesetzten gezogen, und da die Anziehungen ihre Wirkungen gegenseitig aufheben, so ist das Theilchen eben so leicht beweglich, als ob es im leeren Raume sich befände, nämlich die Kraft, die es bewegen soll, hat keinen Zusammenhang zu überwinden, sondern nur die so genannte Trägheit, die sie bey aller Materie, wenn sie gleich mit nichts zusammenhienge, überwinden müßte. Daher wird ein kleines mikroskopisches Thierchen sich so leicht darin bewegen, als ob gar kein Zusammenhang zu trennen wäre. Denn es hat wirklich keinen Zusammenhang des Wassers aufzuheben und die Berührung desselben unter sich zu vermindern, sondern nur zu verändern. Denkt man sich aber eben dieses Thierchen, als ob es sich durch die äußere Oberfläche des Tropfens durcharbeiten wollte, so ist erstlich zu merken, daß die wechselseitige Anziehung der Theile dieses Wasserklümpchens es macht, daß sie sich so lange bewegen, bis sie in die größte Berührung unter einander, mithin in die kleinste Berührung mit dem leeren Raum gekommen sind, d. i. eine Kugelgestalt gebildet haben. Wenn nun das genannte Insekt sich über die Oberfläche des Tropfens hinaus zu arbeiten bestrebt, so muß es die Kugelgestalt verändern, folglich mehr Berührung des Wassers mit dem leeren Raum und also auch weniger Berührung der Theile desselben unter einander bewirken, d. i. ihren Zusammenhang vermindern, und da widersteht ihm das Wasser allererst durch seinen Zusammenhang, aber nicht innerhalb dem Tropfen, wo die Berührung der

Thei-

Theile unter einander gar nicht vermindert, sondern nur in die Berührung mit andern Theilen verändert wird, mithin diese nicht im mindesten getrennt, sondern nur verschoben werden. Auch kann man auf das mikroskopische Thierchen und zwar aus ähnlichen Gründen anwenden, was Newton vom Lichtstrahl sagt, daß er nicht durch die dichte Materie, sondern nur durch den leeren Raum zurückgeschlagen werde. Es ist also klar, daß die Vergrößerung des Zusammenhanges der Theile einer Materie ihrer Flüssigkeit nicht den mindesten Abbruch thue. Wasser hängt in seinen Theilen weit stärker zusammen, als man gemeiniglich glaubt, wenn man sich auf den Versuch einer von der Oberfläche des Wassers losgerissenen Platte verläßt, welcher nichts entscheidet, weil hier das Wasser nicht in der ganzen Fläche der ersten Berührung, sondern in einer viel kleinern reißt, zu welcher es nämlich durch das Verschieben seiner Theile endlich gelangt ist, wie etwa ein Stab von weichem Wachs sich durch ein angehängtes Gewicht erstlich dünner ziehen läßt, und alsdann in einer weit kleinern Fläche reissen muß, als man anfänglich annahm. Was aber in Ansehung des gegebenen Begriffs der Flüssigkeit ganz entscheidend ist, ist dieses: daß flüssige Materien auch als solche erklärt werden können, wovon jeder Punkt nach allen Directionen mit eben derselben Kraft sich zu bewegen trachtet, mit welcher er nach irgend einer gedrückt wird; eine Eigenschaft, auf der das erste Gesetz der Hydrodynamik beruht, die aber einer Anhäufung von glatten und dabey festen Körperchen, wie eine ganz leichte Auflösung ihres Drucks nach Gesetzen der zusammengesetzten Bewegung zeigen kann, niemals beygelegt werden kann; und dadurch die Originalität der Eigenschaft der Flüssigkeit

sigkeit beweißt. Würde nun die flüssige Materie das geringste Hinderniß des Verschiebens, mithin auch nur die kleinste Reibung erleiden, so würde diese mit der Stärke des Drucks, womit die Theile derselben an einander gepreßt werden, wachsen, und endlich ein Druck statt finden, bey welchem die Theile der Materie sich nicht an einander durch jede kleine Kraft verschieben lassen, z. B. in einer gebogenen Röhre von zwey Schenkeln, wovon der eine so weit, der andere so eng seyn mag, als man will, — nur daß er nicht ein Haarröhrchen ist — so würde, wenn man sich beyde Schenkel einige hundert Fuß hoch denkt, die flüssige Materie in der engen eben so hoch stehen, als in der weiten, nach Gesetzen der Hydrostatik. Weil aber der Druck auf den Boden der Röhren und also auch auf den Theil, der beyde in Gemeinschaft stehende Röhren verbindet, in Proportion der Höhen ins Unendliche immer größer gedacht werden kann, so müßte, wenn die geringste Reibung zwischen den Theilen des Flüssigen statt fände, eine Höhe der Röhren gefunden werden können, bey der eine kleine Quantität Wasser in die engere Röhre gegossen, das Wasser in der weitern nicht aus seiner Lage rucken, mithin die Wassersäule in dieser höher zu stehen kommen würde, als in jener, weil sich die untern Theile, bey so großem Drucke derselben gegen einander, nicht mehr durch eine so kleine bewegende Kraft, als das zugesetzte Gewicht Wasser ist, verschieben ließen, welches der Erfahrung und selbst dem Begriffe des Flüssigen zuwider ist. Eben dasselbe gilt, wenn man statt des Drucks durch die Schwere den Zusammenhang der Theile setzt, er mag so groß seyn wie er will. Die angeführte zweyte Erklärung der Flüssigkeit, worauf das Grundgesetz der Hydrostatik beruht,

näm-

nämlich daß sie die Eigenschaft einer Materie sey, da ein jeder Theil derselben sich nach allen Seiten mit eben derselben Kraft zu bewegen bestrebt, wo- mit er in einer gegebenen Richtung gedruckt wird, folgt aus der ersten Erklärung, wenn man damit den Grundsatz der allgemeinen Dynamik verbindet, daß alle Materie ursprünglich elastisch sey, da denn diese nach jeder Seite des Raums, worin sie zusammenge- druckt ist, mit derselben Kraft sich zu erweitern, d. i. sich zu bewegen bestrebt seyn muß, womit der Druck in einer jeden Richtung, welche es auch sey, geschieht. Also sind es eigentlich nur die starren Materien, (de- ren Möglichkeit noch außer dem Zusammenhange der Theile eines andern Erklärungsgrundes bedarf), de- nen man Reibung beylegen darf, und die Richtung setzt schon die Eigenschaft der Rigidität voraus. Warum aber gewisse Materien, ob sie gleich vielleicht keine größere, vielleicht wohl gar eine kleinere Kraft des Zusammenhanges haben, als andere flüssige, dennoch dem Verschieben der Theile so mächtig widerstehen, und daher nicht anders, als durch Aufhebung des Zusammenhanges aller Theile in einer gegebenen Flä- che zugleich sich trennen lassen, welches denn den Schein eines vorzüglichen Zusammenhanges giebt, wie also starre Körper möglich seyn, das ist immer noch ein unaufgelößtes Problem.

3. Elasticität (Springkraft) ist das Vermö- gen einer Materie, ihre durch eine andere bewegende Kraft veränderte Größe oder Gestalt, bey Nachlas- sung derselben, wiederum anzunehmen. Sie ist ent- weder expansive oder attractive Elasticität; jene, um nach der Zusammendruckung das vorige größere, die- se, um nach der Ausdehnung das vorige kleinere

Volumen anzunehmen. Die attractive Elasticität ist abgeleitet. Ein eiserner Drath, durch angehängte Gewichte gedehnt, springt, wenn man das Band abschneidet, in sein Volumen zurück. Vermöge derselben Attraction, die die Ursache seines Zusammenhanges ist, oder bey flüssigen Materien, wenn die Wärme dem Quecksilber entzogen würde, würde die Materie desselben eilen, das vorige kleinere Volumen wieder anzunehmen. Die Elasticität, welche bloß in Herstellung der vorigen Figur besteht, ist jederzeit attractiv, wie an einer gebogenen Degenklinge, da die Theile, auf der converen Fläche aus einander gezerrt, ihre vorige Nahheit anzunehmen trachten, und so kann auch ein kleiner Tropfen Quecksilber elastisch genannt werden. Aber die expansive Elasticität kann eine ursprüngliche, sie kann aber auch eine abgeleitete seyn. So hat die Luft eine abgeleitete Elasticität vermittelst der Materie der Wärme, welche mit ihr innigst vereinigt ist, und deren Elasticität vielleicht ursprünglich ist.

4. Die Wirkung bewegter Körper auf einander durch Mittheilung ihrer Bewegung heißt mechanisch; die der Materie aber, so fern sie auch in Ruhe durch eigene Kräfte wechselseitig die Verbindung ihrer Theile verändert, heißt chemisch. Dieser chemische Einfluß heißt Auflösung, so fern er die Trennung der Theile einer Materie zur Wirkung hat; derjenige aber, der die Absonderung zweyer durch einander aufgelößten Materien zur Wirkung hat, heißt die Scheidung. Die Auflösung specifisch verschiedener Materien durch einander, worin kein Theil der einen angetroffen wird, der nicht mit einem Theil der andern von ihr specifisch verschiedenen in derselben Proportion,

tion, wie die Ganzen, vereinigt wäre, ist die absolute Auflösung, und kann auch die chemische Durchdringung genannt werden. Hier entsteht nun die Frage, ob sich wirklich eine solche chemische Durchdringung gedenken lasse? Es ist offenbar, daß, so lange die Theile einer aufgelößten Materie noch Klümpchen sind, nicht minder eine Auflösung derselben möglich sey, als von den größern, ja daß diese wirklich so lange fortgehen müsse, wenn die auflösende Kraft bleibt, bis kein Theil mehr da ist, der nicht aus dem Auflösungsmittel und der aufzulösenden Materie in der Proportion, worin beyde zu einander im Ganzen stehen, zusammengesetzt wäre. Weil also in solchem Falle kein Theil von dem Volumen der Auflösung seyn kann, der nicht einen Theil des auflösenden Mittels enthielte, so muß dieses, als ein Continuum, das Volumen ganz erfüllen. Eben so, weil kein Theil eben desselben Volumens der Solution seyn kann, der nicht einen proportionirten Theil der aufgelößten Materie enthielte, so muß diese auch als Continuum den ganzen Raum, der das Volumen der Mischung ausmacht, erfüllen. Wenn aber zwey Materien, und zwar jede derselben ganz, einen und denselben Raum erfüllen, so durchdringen sie einander. Also würde eine vollkommene chemische Auflösung eine Durchdringung der Materien seyn, welche dennoch von der mechanischen gänzlich verschieden wäre, indem bey der letztern gedacht wird, daß bey der größern Annäherung bewegter Materien die repulsive Kraft der einen die der andern gänzlich überwiegen, und eine, oder beyde ihre Ausdehnung auf nichts bringen könne; da hingegen hier die Ausdehnung bleibt, nur daß die Materien nicht außer einander, sondern in einander d. i. durch Intussusception zusam-

sammen einen der Summe ihrer Dichtigkeit gemäßen Raum einnehmen. Gegen die Möglichkeit dieser vollkommenen Auflösung ist schwerlich etwas einzuwenden, obgleich sie eine vollendete Theilung ins Unendliche enthält, die in diesem Falle doch keinen Widerspruch in sich faßt, weil die Auflösung eine Zeit hindurch continuirlich, mithin gleichfalls durch eine unendliche Reihe Augenblicke mit Acceleration geschieht, überdem durch die Theilung die Summe der Oberflächen der noch zu theilenden Materien wachsen, und, da die Kraft continuirlich wirkt, die gänzliche Auflösung in einer anzugebenden Zeit vollendet werden kann. Die Unbegreiflichkeit einer solchen chemischen Durchdringung zweyer Materien ist auf die Rechnung der Unbegreiflichkeit der Theilbarkeit eines Continuum überhaupt ins Unendliche zu schreiben. Geht man von dieser vollständigen Auflösung ab, so muß man annehmen, sie gienge nur bis zu gewissen kleinen Klumpen der aufzulösenden Materien, die in dem Auflösungsmittel in gesetzten Weiten von einander schwimmen, ohne daß man den mindesten Grund angeben kann, warum diese Klümpchen, da sie doch immer theilbare Materie sind, nicht gleichfalls aufgelößt werden. Denn daß das Auflösungsmittel nicht weiter wirke, mag immer in der Natur, so weit Erfahrung reicht, seine gute Richtigkeit haben; es ist hier aber nur die Rede von der Möglichkeit einer auflösenden Kraft, die auch dieses Klümpchen und so ferner jedes andere, was noch übrig bleibt, auflöse, bis die Solution vollendet ist. Das Volumen, was die Auflösung einnimmt, kann der Summe der Räume, die die einander auflösenden Materien vor der Mischung einnehmen, gleich, oder kleiner, oder auch größer seyn, je nachdem die anziehenden Kräfte

gegen die Zurückstoßungen in Verhältniß stehen. Sie machen in der Auflösung jedes für sich und beyde vereinigt ein elastisches Medium aus. Dieses kann auch allein einen hinreichenden Grund abgeben, warum die aufgelößte Materie sich durch ihre Schwere nicht wiederum vom auflösenden Mittel scheidet. Denn die Anziehung des letztern, da sie nach allen Seiten gleich stark geschieht, hebt ihren Widerstand selbst auf, und eine gewisse Klebrichkeit im Flüssigen anzunehmen, stimmt auch gar nicht mit der großen Kraft überein, die dergleichen aufgelösete Materien, z. B. die Säuren mit Wasser verdünnt, auf metallische Körper ausüben, an die sie sich nicht bloß anlegen, wie es geschehen müßte, wenn sie bloß in ihrem Medium schwämmen, sondern die sie mit großer Anziehungskraft von einander trennen, und im ganzen Raume des Vehikels verbreiten. Gesetzt auch, daß die Kunst keine chemische Auflösungskräfte dieser Art, die eine vollständige Auflösung bewirkten, in ihrer Gewalt hätte, so könnte doch vielleicht die Natur sie in ihren vegetabilischen und animalischen Operationen beweisen, und dadurch vielleicht Materien erzeugen, die, ob sie zwar gemischt sind, doch keine Kunst wiederum scheiden kann. Diese chemische Durchdringung könnte auch selbst da angetroffen werden, wo die eine von beyden Materien durch die andere eben nicht zertrennt und im buchstäblichen Sinne aufgelößt wird, so wie etwa der Wärmestoff die Körper durchdringt, da, wenn er sich nur in leere Zwischenräume derselben vertheilte, die feste Substanz selbst kalt bleiben würde, weil diese von ihm nichts einnehmen könnte.

Was nun das Verfahren in der Naturwissenschaft in Ansehung der vornehmsten aller ihrer Aufgaben,

gaben, nämlich der Erklärung einer ins Unendliche möglichen specifischen Verschiedenheit der Materien betrifft, so kann man nach Kants Bemerkung nur zwey Wege einschlagen: den mechanischen, durch die Verbindung des Absolutvollen mit dem Absolutleeren, oder einen ihm entgegengesetzten dynamischen Weg, durch die bloße Verschiedenheit in der Verbindung der ursprünglichen Kräfte der Zurückstoßung und Anziehung alle Verschiedenheiten der Materien zu erklären. Die vornehmste Beglaubigung des ersten Systems beruht auf der vorgeblich unvermeidlichen Nothwendigkeit, zum specifischen Unterschiede der Dichtigkeit der Materien leere Räume zu brauchen, die man innerhalb der Materien und zwischen jenen Partikeln vertheilt annahm, in einer Proportion, wie man sie nöthig fand und zum Behuf einiger Erscheinungen gar so groß, daß der erfüllte Theil des Volumens, auch der dichtesten Materie, gegen den leeren beynahe für nichts zu halten ist. Um nun eine dynamische Erklärungsart einzuführen, ist es gar nicht nöthig, neue Hypothesen aufzustellen, sondern allein das Postulat der bloß mechanischen Erklärungsart: daß es unmöglich sey, sich einen specifischen Unterschied der Dichtigkeit der Materien ohne Beymischung leerer Räume zu denken, durch die bloße Anführung einer Art, wie er sich ohne Widerspruch denken lasse, zu widerlegen. Denn wenn das gedachte Postulat, worauf die bloß mechanische Erklärungsart fußt, nur erst als Grundsatz für ungültig erklärt wird, so versteht es sich von selbst, daß man es als Hypothese in der Naturwissenschaft nicht aufnehmen müsse, so lange noch eine Möglichkeit übrig bleibt, sich den specifischen Unterschied der Dichtigkeiten auch ohne alle leere Zwischenräume zu denken. Diese Nothwendigkeit

keit aber beruht darauf, daß die Materie nicht durch absolute Undurchdringlichkeit ihren Raum erfüllt, sondern durch repulsive Kraft, die ihren Grad hat, der in verschiedenen Materien verschieden seyn kann, und der, da er für sich nichts mit der Anziehungskraft, welche der Quantität der Materie gemäß ist, gemein hat, bey einerley Anziehungskraft in verschiedenen Materien dem Grade nach ursprünglich verschieden seyn kann, folglich auch der Grad der Ausdehnung dieser Materien bey derselben Quantität der Materie, und umgekehrt die Quantität der Materie bey demselben Volumen, d. i. die Dichtigkeit derselben, ursprünglich gar große specifische Verschiedenheiten zulasse. Auf diese Art wird man es nicht unmöglich finden, sich eine Materie zu denken, die ihren Raum ohne alles Leere ganz erfüllte, und doch mit ohne Vergleichung geringerer Quantität der Materie unter gleichem Volumen, als alle Körper, die wir unsern Versuchen unterwerfen können. Dieß ist auch das einzige, was man bloß annimmt, weil es sich denken läßt, nur zum Widerspiel einer Hypothese, die sich allein auf das Vorgeben stützt, daß sich dergleichen ohne leere Räume nicht denken lasse. Denn außer diesem darf irgend ein Gesetz weder der anziehenden noch zurückstoßenden Kraft nicht auf Muthmaßungen a priori gewagt, sondern alles, selbst die gemeine Attraction, als Ursache des Schweren, muß sammt ihrem Gesetze aus Datis der Erfahrung geschlossen werden. Noch weniger wird dergleichen bey den chemischen Verwandtschaften anders, als durch den Weg des Experiments versucht werden dürfen. Denn es ist überhaupt über den Gesichtskreis unserer Vernunft gelegen, ursprüngliche Kräfte a priori ihrer Möglichkeit nach einzusehen, vielmehr besteht alle

alle Naturphilosophie in der Zurückführung gegebener, dem Anscheine nach verschiedener Kräfte auf eine geringere Zahl Kräfte und Vermögen, die zu Erklärung der Wirkungen der ersten zulangen, welche Reduction aber nur bis zu Grundkräften fortgeht, über die unsere Vernunft nicht hinaus kann. Und so ist Naturforschung der Metaphysik hinter dem, was dem empirischen Begriffe der Materie zum Grunde liegt, nur zu der Absicht nützlich, die Naturphilosophie, so weit als es immer möglich ist, auf die Erforschung der dynamischen Erklärungsgründe zu leiten, weil diese allein bestimmte Gesetze, folglich wahren Vernunftzusammenhang der Erklärung hoffen lassen.

In Ansehung der bekannten Frage, ob es leere Räume in der Welt gebe, bemerkt Kant, daß sich die Möglichkeit derselben nicht bestreiten lasse. Denn zu allen Kräften der Materie wird Raum erfordert, und, da dieser auch die Bedingungen der Gesetze der Verbreitung jener enthält, nothwendig vor aller Materie vorausgesetzt. So wird der Materie Anziehungskraft beygelegt, so fern sie einen Raum um sich durch Anziehung einnimmt, ohne ihn gleichwohl zu erfüllen, selbst da, wo Materie wirksam ist, und ihn nicht erfüllt. Allein leere Räume als wirklich anzunehmen, dazu kann uns keine Erfahrung, oder Schluß aus derselben, oder nothwendige Hypothese, sie zu erklären, berechtigen. Denn alle Erfahrung giebt uns nur comparativ-leere Räume zu erkennen, welche nach allen beliebigen Graden aus der Eigenschaft der Materie, ihren Raum mit größerer oder bis ins Unendliche immer kleinerer Anspannungskraft zu erfüllen, vollkommen erklärt werden können, ohne leerer Räume zu bedürfen.

Mecha-

Mechanik.

Hier giebt Kant die dritte Erklärung der Materie, und versteht darunter das Bewegliche, so fern es, als ein solches, bewegende Kraft hat. Denn der bloß dynamische Begriff konnte die Materie auch als in Ruhe betrachten; die bewegende Kraft, die da in Betrachtung gezogen wurde, betraf bloß die Erfüllung eines gewissen Raums, ohne daß die Materie, die ihn erfüllte, selbst als bewegt angesehen werden durfte. Die Zurückstoßung war daher eine ursprünglich bewegende Kraft, um Bewegung zu ertheilen; dagegen wird in der Mechanik die Kraft einer in Bewegung gesetzten Materie betrachtet, um diese Bewegung einer andern mitzutheilen. Es ist aber klar, daß das Bewegliche durch seine Bewegung keine bewegende Kraft haben würde, wenn es nicht ursprünglich-bewegende Kräfte besäße, wodurch es vor aller eigener Bewegung in jedem Orte, wo es sich befindet, wirksam ist, und daß eine Materie einer andern, die ihrer Bewegung in der geraden Linie vor ihr im Wege liegt, weder gleichmäßige Bewegung eindrücken würde, wenn beyde nicht ursprüngliche Gesetze der Zurückstoßung besäßen, noch daß sie eine andere durch ihre Bewegung nöthigen könne, ihr in der geraden Linie zu folgen, wenn beyde nicht Anziehungskraft besäßen. Also setzen alle mechanische Gesetze die dynamischen voraus, und eine Materie, als bewegt, kann nur bewegende Kraft haben vermittelst ihrer Zurückstoßung und Anziehung, auf welche und mit welchen sie in ihrer Bewegung unmittelbar wirkt und dadurch ihre eigene Bewegung einer andern mittheilt.

Hiernächst giebt Kant noch einige andere Erklärungen, welche zur weitern Untersuchung dieses Ge-

genstandes nothwendig vorausgesetzt werden müssen. Nach ihm ist nämlich die Quantität der Materie die Menge des Beweglichen in einem bestimmten Raume. Dieselbe, so fern alle ihre Theile in ihrer Bewegung als zugleich wirkend betrachtet werden, heißt die Masse, und man sagt, eine Materie wirke in Masse, wenn alle ihre Theile in einerley Richtung bewegt außer sich zugleich alle ihre bewegende Kraft ausüben. Eine Masse von bestimmter Gestalt heißt ein Körper. Die Größe der Bewegung — mechanisch geschätzt — ist diejenige, die durch die Quantität der bewegten Materie und ihre Geschwindigkeit zugleich geschätzt wird. Phoronomisch besteht sie bloß in dem Grade der Geschwindigkeit.

Die Quantität der Materie kann in Vergleichung mit jeder andern nur durch die Quantität der Bewegung bey gegebener Geschwindigkeit geschätzt werden.

Die Materie nämlich ist ins Unendliche theilbar, folglich kann ihre Quantität nicht durch eine Menge ihrer Theile unmittelbar bestimmt werden. Denn wenn dieses auch in der Vergleichung der gegebenen Materie mit einer gleichartigen geschieht, in welchem Falle die Quantität der Materie der Größe des Volumens proportionirt ist, so ist dieß doch der Forderung des Satzes, daß sie in Vergleichung mit jeder andern (auch specifisch verschiedenen) geschätzt werden soll, zuwider. Also kann die Materie weder unmittelbar, noch mittelbar, in Vergleichung mit jeder andern gültig geschätzt werden, so lange man von ihrer eigenen Bewegung abstrahirt. Folglich ist kein anderes allgemein gültiges Maas derselben, als die

Quan-

Quantität ihrer Bewegung, übrig. In dieser aber kann der Unterschied der Bewegung, der auf der verschiedenen Quantität der Materien beruht, nur alsdann gegeben werden, wenn die Geschwindigkeit unter den verglichenen Materien als gleich angenommen wird, folglich ist die Quantität der Bewegung der Körper im zusammengesetzten Verhältnisse aus dem der Quantität ihrer Materie und ihrer Geschwindigkeit d. i. es ist einerley, ob man die Quantität der Materie eines Körpers doppelt so groß macht, und die Geschwindigkeit behält, oder ob man die Geschwindigkeit verdoppelt und dieselbe Masse behält. Denn der bestimmte Begriff von einer Größe ist nur durch die Construction des Quantums möglich. Diese ist aber in Ansehung des Begriffs der Quantität nichts als die Zusammensetzung des Gleichgeltenden; folglich ist die Construction der Quantität einer Bewegung die Zusammensetzung vieler einander gleichgeltender Bewegungen. Nun ist es nach den phoronomischen Lehrsätzen einerley, ob man einem Beweglichen einen gewissen Grad Geschwindigkeit oder vielen gleich Beweglichen alle kleinere Grade der Geschwindigkeit ertheile, die aus der durch die Menge des Beweglichen dividirten gegebenen Geschwindigkeit herauskommen. Hieraus entspringt zuerst ein dem Anscheine nach phoronomischer Begriff von der Quantität einer Bewegung, als zusammengesetzt aus viel Bewegungen außer einander, aber doch in einem Ganzen vereinigter, beweglicher Punkte. Werden nun diese Punkte als etwas gedacht, was durch seine Bewegung bewegende Kraft hat, so entspringt daraus der mechanische Begriff von der Quantität der Bewegung. In der Phoronomie aber ist es nicht thunlich, sich

eine Bewegung als aus vielen außerhalb einander befindlichen zusammengesetzt vorzustellen, weil das Bewegliche, da es daselbst ohne alle bewegende Kraft vorgestellt wird, in aller Zusammensetzung mit mehreren seiner Art keinen Unterschied der Größe der Bewegung giebt, welche mithin bloß in der Geschwindigkeit besteht. Wie die Quantität der Bewegung eines Körpers zu der eines andern, so verhält sich auch die Größe ihrer Wirkung, aber wohl zu verstehen, der ganzen Wirkung. Diejenigen, welche bloß die Größe eines mit Widerstand erfüllten Raums zum Maaße der ganzen Wirkung annahmen, brachten ein anderes Gesetz der bewegenden Kräfte bey der wirklichen Bewegung heraus, nämlich das des zusammengesetzten Verhältnisses aus dem der Quantität der Materien und der Quadrate ihrer Geschwindigkeiten; allein sie übersahen die Größe der Wirkung in der gegebenen Zeit, in welcher der Körper seinen Raum mit kleinerer Geschwindigkeit zurücklegt, und diese kann doch allein das Maas einer durch einen gegebenen gleichförmigen Widerstand erschöpften Bewegung seyn. Es kann daher auch kein Unterschied zwischen todten und lebendigen Kräften statt finden, wenn die bewegenden Kräfte mechanisch, d. i. als diejenige Kraft, die die Körper haben, so fern sie selbst bewegt sind, betrachtet werden, die Geschwindigkeit ihrer Bewegung mag nun endlich, oder unendlich klein seyn; vielmehr würde man weit schicklicher diejenigen Kräfte, womit die Materie, wenn man auch von ihrer eigenen Bewegung, auch sogar von der Bestrebung sich zu bewegen gänzlich abstrahirt, in andere wirkt, folglich die ursprünglich bewegenden Kräfte der Dynamik todte Kräfte, alle mechanische, d. i. durch eigene Bewegung bewegende Kräfte, dagegen lebendige Kräf-

te

te nennen können, ohne auf den Unterschied der Geschwindigkeit zu sehen, deren Grad auch unendlich klein seyn darf, wenn ja noch diese Benennungen todter und lebendiger Kräfte beybehalten zu werden verdienten.

Diese Sätze sucht Kant auf folgende Art zu erläutern. Der Satz, daß die Quantität der Materie nur als die Menge des Beweglichen gedacht werden könne, ist ein merkwürdiger Fundamentalsatz der allgemeinen Mechanik. Denn dadurch wird angezeigt, daß Materie keine andere Größe habe, als die, welche in der Menge des Mannichfaltigen außerhalb einander besteht, folglich auch keinen Grad der bewegenden Kraft mit gegebener Geschwindigkeit, der von dieser Menge unabhängig wäre und bloß als intensive Größe betrachtet werden könnte, welches allerdings statt finden würde, wenn die Materie aus Monaden bestände, deren Realität in aller Beziehung einen Grad haben muß, welcher größer oder kleiner seyn kann, ohne von einer Menge der Theile außer einander abzuhängen. Was den Begriff der Masse in eben derselben Erklärung betrifft, so kann man ihn nicht, wie gewöhnlich, mit dem der Quantität für einerley halten. Flüssige Materien können durch ihre eigene Bewegung in Masse, sie können aber auch im Flusse wirken. Im sogenannten Wasserhammer wirkt das anstoßende Wasser in Masse, d. i. mit allen seinen Theilen zugleich; eben das geschieht auch im Wasser, welches, in einem Gefäße eingeschlossen, durch sein Gewicht auf die Wagschaale, worauf es steht, druckt. Dagegen wirkt das Wasser eines Mühlbachs auf die Schaufel des unterschlächtigen Wasserrades nicht in Masse, d. i. mit allen seinen Theilen, die

gegen diese anlaufen, zugleich, sondern nur nach einander. Wenn also hier die Quantität der Materie, die, mit einer gewissen Geschwindigkeit bewegt, bewegende Kraft hat, bestimmt werden soll, so muß man allererst den Wasserkörper, d. i. diejenige Quantität der Materie, die, wenn sie in Masse mit einer gewissen Geschwindigkeit wirkt, dieselbe Wirkung hervorbringen kann, suchen. Daher versteht man auch gewöhnlich unter dem Worte Masse die Quantität der Materie eines festen Körpers.

Was nun aber die vorigen beyden Sätze betrifft, so scheint darin etwas befremdendes zu liegen: daß nämlich nach dem einen die Quantität der Materie durch die Quantität der Bewegung mit gegebener Geschwindigkeit, nach dem andern aber wiederum die Quantität der Bewegung bey derselben Geschwindigkeit durch die Quantität der bewegten Materie geschätzt werden müsse, welches im Cirkel herumzugehen und weder von dem einem noch dem andern einen bestimmten Begriff zu versprechen scheint. Allein dieser vermeinte Cirkel würde es wirklich seyn, wenn er eine wechselseitige Ableitung zweyer identischer Begriffe von einander wäre. Nun aber enthält er nur einerseits die Erklärung eines Begriffs, anderer Seits die der Anwendung desselben auf Erfahrung. Die Quantität des Beweglichen im Raume ist die Quantität der Materie; aber diese Quantität der Materie beweist sich in der Erfahrung nur allein durch die Quantität der Bewegung bey gleicher Geschwindigkeit.

Noch ist zu bemerken, daß die Quantität der Materie die Quantität der Substanz im Beweglichen sey, folglich nicht die Größe einer gewissen Qualität derselben, und daß das Quantum der Substanz hier

nichts

nichts anders als die bloße Menge des Beweglichen bedeute, welches die Materie ausmacht. Denn nur diese Menge des Bewegten kann bey derselben Geschwindigkeit einen Unterschied in der Quantität der Bewegung geben. Daß aber die bewegende Kraft, die eine Materie in ihrer eigenen Bewegung hat, allein die Quantität der Substanz beweise, beruht auf dem Begriffe der letztern als dem letzten Subjekt im Raume, welches eben darum keine andere Größe haben kann, als die der Menge des Gleichartigen außerhalb einander. Da nun die eigene Bewegung der Materie ein Prädikat ist, welches ihr Subjekt bestimmt, und an einer Materie, als einer Menge des Beweglichen, die Vielheit der bewegten Subjekte angiebt, welches bey dynamischen Eigenschaften, deren Größe auch die Größe der Wirkung von einem einzigen Subjekte seyn kann, nicht der Fall ist, so erhellt daraus, wie die Quantität der Substanz an einer Materie nur mechanisch, d. i. durch die Quantität der eigenen Bewegung derselben, und nicht dynamisch, durch die Größe der ursprünglich bewegenden Kräfte, geschätzt werden müsse. Gleichwohl kann die ursprüngliche Anziehung, als die Ursache der allgemeinen Gravitation, doch ein Maas der Quantität der Materie und ihrer Substanz abgeben, (wie dieß wirklich in der Vergleichung der Materien durch Abwägen geschieht), obgleich hier nicht eigene Bewegung der anziehenden Materie, sondern ein dynamisch Maas, nämlich Anziehungskraft, zum Grunde gelegt zu seyn scheint. Aber weil bey dieser Kraft die Wirkung einer Materie mit allen ihren Theilen unmittelbar, auf alle Theile einer andern, geschieht, und also (bey gleichen Entfernungen) offenbar der Menge der Theile proportionirt ist, der ziehende Kör-

per sich dadurch auch selbst eine Geschwindigkeit der eigenen Bewegung ertheilt (durch den Widerstand des Gezogenen), welche, in gleichen äußern Umständen, gerade der Menge seiner Theile proportionirt ist, so geschieht die Schätzung hier, obgleich nur indirekt, doch in der That mechanisch.

Was nun die Gesetze der Mechanik betrifft, so sind diese nach Kant folgende:

1. Bey allen Veränderungen der körperlichen Natur bleibt die Quantität der Materie im Ganzen dieselbe, unvermehrt und unvermindert. Aus der allgemeinen Metaphysik wird nämlich der Satz zum Grunde gelegt, daß bey allen Veränderungen der Natur keine Substanz weder entstehe, noch vergehe, und hier wird bloß dargethan, was in der Materie die Substanz sey. In jeder Materie ist das Bewegliche im Raume das letzte Subjekt aller der Materie inhärirenden Accidenzen, und die Menge dieses Beweglichen außerhalb einander die Quantität der Substanz. Also ist die Größe der Materie, der Substanz nach, nichts anders, als die Menge der Substanzen, woraus sie besteht. Es kann also die Quantität der Materie nicht vermehrt oder vermindert werden, als dadurch, daß neue Substanz derselben entsteht oder vergeht. Nun entsteht und vergeht bey allem Wechsel der Materie die Substanz niemals; also wird auch die Quantität der Materie dadurch weder vermehrt, noch vermindert, sondern bleibt immer dieselbe und zwar im Ganzen, d. i. so, daß sie irgend in der Welt in derselben Quantität fortdauert, obgleich diese oder jene Materie durch Hinzukommen oder Absonderung der Theile vermehrt oder vermindert werden kann.

2. Al-

2. Alle Veränderung der Materie hat eine äußere Ursache. (Ein jeder Körper beharrt in seinem Zustande der Ruhe oder Bewegung, in derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit, wenn er nicht durch eine äußere Ursache genöthigt wird, diesen Zustand zu verlassen.) Hier wird aus der allgemeinen Metaphysik der Satz zum Grunde gelegt, daß alle Veränderung eine Ursache habe; von der Materie soll aber nur bewiesen werden, daß ihre Veränderung jederzeit eine äußere Ursache haben müsse. Die Materie, als bloßer Gegenstand äußerer Sinne, hat keine andere Bestimmungen, als die der äußern Verhältnisse im Raume, und erleidet also keine Veränderungen, als durch Bewegung. In Ansehung dieser, als Wechsels einer Bewegung mit einer andern, oder derselben mit der Ruhe, und umgekehrt, muß eine Ursache derselben angetroffen werden. Diese Ursache aber kann nicht innerlich seyn, denn die Materie hat keine schlechthin innere Bestimmungen und Bestimmungsgründe. Also ist alle Veränderung einer Materie auf äußere Ursache gegründet.

Kant bemerkt ganz richtig, daß dieses mechanische Gesetz allein das Gesetz der Trägheit genannt werden müsse, das Gesetz der einer jeden Wirkung entgegengesetzten gleichen Gegenwirkung könne diesen Nahmen nicht führen. Denn dieses sagt, was die Materie thut, jenes aber nur, was sie nicht thut, welches dem Ausdrucke der Trägheit besser angemessen ist. Die Trägheit der Materie ist und bedeutet nichts anders als ihre Leblosigkeit, als Materie an sich selbst. Leben heißt das Vermögen einer Substanz, sich aus einem innern Princip zum Handeln, einer endlichen Substanz, sich zur Veränderung, und einer

materiellen Substanz, sich zur Bewegung oder Ruhe, als Veränderung ihres Zustandes, zu bestimmen. Nun kennen wir kein anderes inneres Princip einer Substanz, ihren Zustand zu verändern, als das Begehren, und überhaupt keine andere innere Thätigkeit, als Denken, mit dem, was davon abhängt, Gefühl der Lust oder Unlust und Begierde oder Willen. Diese Bestimmungsgründe aber und Handlungen gehören gar nicht zu den Vorstellungen äußerer Sinne, und also auch nicht zu den Bestimmungen der Materie als Materie. Also ist alle Materie als solche leblos. Dieß sagt der Satz der Trägheit, und nichts mehr. Wenn wir die Ursache irgend einer Veränderung der Materie im Leben suchen, so werden wir es auch sofort in einer anderen, von der Materie verschiedenen, obgleich mit ihr verbundenen Substanz zu suchen haben. Denn in der Naturerkenntniß ist es nöthig, zuvor die Gesetze der Materie als einer solchen zu kennen und sie von dem Beytritte aller andern wirkenden Ursachen zu läutern, ehe man sie damit verknüpft, um wohl zu unterscheiden, was, und wie jede derselben für sich allein wirke. Auf dem Gesetze der Trägheit (neben dem der Beharrlichkeit der Substanz) beruht die Möglichkeit einer eigentlichen Naturwissenschaft ganz und gar. Das Gegentheil des erstern, und daher der Tod aller Naturphilosophie, wäre der Hylozoism. Aus eben demselben Begriffe der Trägheit, als bloßer Leblosigkeit, fließt von selbst, daß sie nicht ein positives Bestreben, seinen Zustand zu erhalten, bedeute. Nur lebende Wesen werden in diesem letztern Verstande träg genannt, weil sie eine Vorstellung von einem andern Zustande haben, den sie verabscheuen, und ihre Kraft dagegen anstrengen.

3. In

3. In aller Mittheilung der Bewegung sind Wirkung und Gegenwirkung einander jederzeit gleich. Hiebey muß aus der allgemeinen Metaphysik der Satz entlehnt werden, daß alle äußere Wirkung in der Welt Wechselwirkung sey. Alle thätige Verhältnisse der Materie im Raume und alle Veränderungen dieser Verhältnisse, so fern sie Ursachen von gewissen Wirkungen seyn können, müssen jederzeit als wechselseitig vorgestellt werden, d. i., weil alle Veränderung derselben Bewegung ist, so kann keine Bewegung eines Körpers in Beziehung auf einen absolut ruhigen, der dadurch auch in Bewegung gesetzt werden soll, gedacht werden, vielmehr muß dieser nur als relativ ruhig in Ansehung des Raums, auf den man ihn bezieht, sammt diesem Raume aber in entgegengesetzter Richtung mit eben derselben Quantität der Bewegung im absoluten Raume bewegt vorgestellt werden, als der Bewegte in eben demselben gegen ihn hat. Denn die Veränderung des Verhältnisses (mithin die Bewegung) ist zwischen beyden durchaus wechselseitig; so viel der eine Körper jedem Theile des andern näher kommt, so viel nähert sich der andere jedem Theil des erstern, und, weil es hier nicht auf den empirischen Raum, der beyde Körper umgiebt, sondern nur auf die Linie, die zwischen ihnen liegt, ankommt, (indem diese Körper lediglich in Relation auf einander, nach dem Einflusse, den die Bewegung des einen auf die Veränderung des Zustandes des andern, mit Abstraction von aller Relation zum empirischen Raume, haben kann, betrachtet werden), so wird ihre Bewegung als bloß im absoluten Raume bestimmbar betrachtet, in welchem jeder der beyden Körper an der Bewegung, die dem einen im relativen Raume beygelegt wird, gleichen Antheil haben muß,

muß, indem kein Grund da ist, einem von beyden mehr davon, als dem andern, beyzulegen. Auf diesem Fuß wird die Bewegung eines Körpers A (fig. 6.) gegen einen andern ruhigen B, in Ansehung dessen er dadurch bewegend seyn kann, auf den absoluten Raum reducirt, d. i. als Verhältniß wirkender Ursachen bloß auf einander bezogen, so betrachtet, als wenn beyde an der Bewegung, welche in der Erscheinung dem Körper A allein beygelegt wird, gleichen Antheil haben, welches nicht anders geschehen kann, als so, daß die Geschwindigkeit, die im relativen Raume bloß dem Körper A beygelegt wird, unter A und B im umgekehrten Verhältnisse der Massen, dem A allein die seinige im absoluten Raume, dem B dagegen die seinige sammt dem relativen Raume, worin er ruht, in entgegengesetzter Richtung ausgetheilt werde, wodurch dieselbe Erscheinung der Bewegung vollkommen beybehalten, die Wirkung aber in der Gemeinschaft beyder Körper auf folgende Art construirt wird. Es sey nämlich der Körper A mit einer Geschwindigkeit = AB in Ansehung des relativen Raums gegen den Körper B, der in Ansehung eben desselben Raums ruhig ist, im Anlaufe. Man theile die Geschwindigkeit AB in zwey Theile, AC und BC, die sich umgekehrt wie die Massen B und A gegen einander verhalten, und stelle sich A mit der Geschwindigkeit AC im absoluten Raume, B aber mit der Geschwindigkeit BC in entgegengesetzter Richtung sammt dem relativen Raume bewegt vor: so sind beyde Bewegungen einander entgegengesetzt und gleich, und, da sie einander wechselseitig aufheben, so versetzen sich beyde Körper Beziehungsweise auf einander, d. i. im absoluten Raume, in Ruhe. Nun war aber B mit der Geschwindigkeit BC in der Richtung BA, die der des Körpers A, nämlich AB, gerade

rade entgegengesetzt ist, sammt dem relativen Raume in Bewegung. Wenn also die Bewegung des Körpers B durch den Stoß aufgehoben wird, so wird darum doch die Bewegung des relativen Raums nicht aufgehoben. Also bewegt sich nach dem Stoße der relative Raum in Ansehung beyder Körper A und B (die nunmehr im absoluten Raume ruhen) in der Richtung BA mit der Geschwindigkeit BC, oder, welches einerley ist, beyde Körper bewegen sich nach dem Stoße mit gleicher Geschwindigkeit BD = BC in der Richtung des Stoßenden AB. Nun ist aber, nach dem vorigen, die Quantität der Bewegung des Körpers A, mit der Geschwindigkeit und in der Richtung AC, der Quantität der Bewegung des Körpers B in der Richtung und mit der Geschwindigkeit BC, mithin auch der in der Richtung BD mit derselben Geschwindigkeit, gleich; folglich ist die Wirkung, d. i. die Bewegung BD, die der Körper B durch den Stoß im relativen Raume erhält, und also auch die Handlung des Körpers A mit der Geschwindigkeit AC der Gegenwirkung BC jederzeit gleich. Da eben dasselbe Gesetz (wie die mathematische Mechanik lehrt) keine Abänderung erleidet, wenn, anstatt des Stoßes auf einen ruhigen, ein Stoß desselben Körpers auf einen gleichfalls bewegten Körper angenommen wird, imgleichen die Mittheilung der Bewegung durch den Stoß von der durch den Zug nur in der Richtung, nach welcher die Materien einander in ihren Bewegungen widerstehen, unterschieden ist: so folgt, daß in aller Mittheilung der Bewegung Wirkung und Gegenwirkung einander jederzeit gleich seyn muß, (daß jeder Stoß nur vermittelst eines gleichen Gegenstoßes, jeder Druck vermittelst eines gleichen Gegendrucks, imgleichen jeder Zug nur durch einen gleichen Gegen-

genzug die Bewegung eines Körpers mittheilen könne).

Hieraus folgert Kant das für die allgemeine Mechanik nicht unwichtige Naturgesetz: daß ein jeder Körper, wie groß auch seine Masse sey, durch den Stoß eines jeden andern, wie klein auch seine Masse oder Geschwindigkeit sey, beweglich seyn müsse. Denn der Bewegung von A in der Richtung AB correspondirt nothwendiger Weise eine entgegengesetzte gleiche Bewegung von B in der Richtung BA. Beyde Bewegungen heben durch den Stoß einander im absoluten Raume auf. Dadurch aber erhalten beyde Körper eine Geschwindigkeit BD = BC in der Richtung des Stoßenden, folglich ist der Körper B für jede noch so kleine Kraft des Anstoßes beweglich.

Dieß ist nun das mechanische Gesetz der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung, welches darauf beruht: daß keine Mittheilung der Bewegung statt finde, außer wenn eine Gemeinschaft dieser Bewegungen vorausgesetzt wird, daß also kein Körper einen andern stoße, der in Ansehung seiner ruhig ist, sondern, ist dieser in Ansehung des Raums, nur so fern er sammt diesem Raume in gleichem Maaße, aber in entgegengesetzter Richtung bewegt, mit der Bewegung, die alsdenn dem erstern zu seinem relativen Antheil fällt, zusammen, allererst die Quantität der Bewegung gebe, die wir dem ersten im absoluten Raume beylegen würden. Denn keine Bewegung, die in Ansehung eines andern Körpers bewegend seyn soll, kann absolut seyn; ist sie aber relativ in Ansehung des letztern, so giebt es keine Relation im Raume, die nicht wechselseitig und gleich sey. — Es giebt aber noch ein anderes, nämlich ein dynamisches

Gesetz

Gesetz der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung der Materie, nicht so fern eine der andern ihre Bewegung mittheilt, sondern dieser ursprünglich ertheilt und durch deren Widerstreben zugleich in sich hervorbringt. Diese läßt sich auf ähnliche Art leicht darthun. Denn wenn die Materie A die Materie B zieht, so nöthigt sie diese, sich ihr zu nähern, oder, welches einerley ist, jene widersteht der Kraft, womit diese sich zu entfernen trachten möchte. Weil es aber einerley ist, ob B sich von A, oder A von B entferne: so ist dieser Widerstand zugleich ein Widerstand, den der Körper B gegen A ausübt, so fern er sich von ihm zu entfernen trachten möchte, mithin sind Zug und Gegenzug einander gleich. Eben so, wenn A die Materie B zurückstößt, so widersteht A der Annäherung von B. Da es aber einerley ist, ob sich B dem A oder A dem B nähere, so widersteht B auch eben so viel der Annäherung von A; Druck und Gegendruck sind also auch jederzeit einander gleich.

Auf solche Art hat also Kant zuerst die Construktion der Mittheilung der Bewegung gezeigt, welche zugleich das Gesetz der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung als nothwendige Bedingung derselben bey sich führt, das Newton sich nicht getraute, a priori zu beweisen, sondern sich deshalb auf Erfahrung berief, welchem zu Gefallen Andere eine besondere Kraft der Materie unter dem Nahmen der Trägheitskraft in der Naturwissenschaft einführten, und also im Grunde es auch von Erfahrung ableiteten, endlich noch Andere in dem Begriffe einer bloßen Mittheilung der Bewegung setzten, welche sie, wie einen allmähligen Uebergang der Bewegung des einen Körpers in den andern ansahen, wobey der bewegen-

wegende gerade so viel einbüßen müsse, als er dem bewegten ertheilt, bis er dem letztern keine weiter eindruckt, wodurch sie im Grunde alle Gegenwirkung aufhoben, d. i. alle wirklich entgegenwirkende Kraft des gestoßenen gegen den stoßenden, und außerdem, daß sie das nicht beweisen, was in dem genannten Gesetze eigentlich gemeint ist, die Mittheilung der Bewegung selbst, ihrer Möglichkeit nach, gar nicht erklärten. Denn der Name vom Uebergange der Bewegung von einem Körper auf den andern erklärt nichts; und wenn man ihn nicht etwa buchstäblich nehmen will, als wenn Bewegung von einem Körper in einen andern, wie Wasser aus einem Glase in das andere, gegossen würde, so ist es hier eben die Aufgabe, wie diese Möglichkeit begreiflich zu machen sey, deren Erklärung nun gerade auf demselben Grunde beruht, woraus das Gesetz der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung abgeleitet wird. Man kann sich gar nicht denken, wie die Bewegung eines Körpers A mit der Bewegung eines andern B nothwendig verbunden seyn müsse, als so, daß man sich Kräfte an beyden denkt, die ihnen (dynamisch) vor aller Bewegung zukommen, z. B. Zurückstoßung, und nun beweisen kann, daß die Bewegung des Körpers A durch Annäherung gegen B, mit der Annäherung von B gegen A, und, wenn B als ruhig angesehen wird, mit der Bewegung desselben, sammt seinem Raume gegen A nothwendig verbunden sey, so fern ein Körper mit ihren (ursprünglich) bewegenden Kräften bloß relativ auf einander in Bewegung betrachtet werden. Dieses letztere kann völlig a priori dadurch eingesehen werden, daß, es mag nun der Körper B in Ansehung des empirisch kennbaren Raums ruhig, oder bewegt seyn, er doch in Ansehung des

Kör-

Körpers A nothwendig als bewegt, und zwar in entgegengesetzter Richtung als bewegt, angesehen werden müsse; weil sonst kein Einfluß desselben auf die repulsive Kraft beyder statt finden würde, ohne welchen ganz und gar keine mechanische Wirkung der Materie auf einander, d. i. keine Mittheilung der Bewegung durch den Stoß, möglich ist.

Kant bemerkt daher ganz richtig, daß die Benennung der Trägheitskraft gänzlich aus der Naturwissenschaft weggeschaft werden müsse, nicht allein, weil sie einen Widerspruch im Ausdrucke selbst bey sich führt, oder auch deßwegen, weil das Gesetz der Trägheit dadurch leicht mit dem Gesetze der Gegenwirkung in jeder mitgetheilten Bewegung verwechselt werden könnte, sondern vornämlich, weil dadurch die irrige Vorstellung derer, die der mechanischen Gesetze nicht recht kundig sind, erhalten und bestärkt wird, nach welcher die Gegenwirkung der Körper, von der unter dem Namen der Trägheitskraft die Rede ist, darin bestehe, daß die Bewegung dadurch in der Welt aufgezehrt, vermindert oder vertilgt, nicht aber die bloße Mittheilung derselben dadurch bewirkt werde, indem nämlich der bewegende Körper einen Theil seiner Bewegung bloß dazu aufwenden müßte, um die Trägheit des ruhenden zu überwinden, mit dem übrigen Theile allein könne er den letztern in Bewegung setzen. Einer Bewegung kann nichts widerstehen, als entgegengesetzte Bewegung eines andern, keinesweges aber dessen Ruhe. Hier ist also nicht Trägheit der Materie, d. i. bloßes Unvermögen sich von selbst zu bewegen, die Ursache eines Widerstandes. Eine besondere ganz eigenthümliche Kraft, bloß um zu widerstehen, ohne einen Körper bewegen zu können, wäre

unter dem Namen Trägheitskraft ein Wort ohne alle Bedeutung. Man könnte also die drey Gesetze der allgemeinen Mechanik schicklicher so benennen: das Gesetz der Selbstständigkeit, der Trägheit, und der Gegenwirkung der Materien bey allen ihren Veränderungen derselben.

Zu diesen Untersuchungen fügt Kant noch folgende allgemeine Anmerkung hinzu. Die Mittheilung der Bewegung geschieht nur vermittelst solcher bewegenden Kräfte, die einer Materie auch in Ruhe beywohnen (Undurchdringlichkeit und Anziehung). Die Wirkung einer bewegenden Kraft auf einen Körper in einem Augenblicke ist die Sollicitation desselben; die gewirkte Geschwindigkeit des letztern durch die Sollicitation, so fern sie in gleichem Verhältnisse mit der Zeit wachsen kann, ist das Moment der Acceleration. Das Moment der Acceleration muß also nur eine unendlich kleine Geschwindigkeit erhalten, weil sonst der Körper durch dasselbe in einer gegebenen Zeit eine unendliche Geschwindigkeit erlangen würde, welche unmöglich ist. Uebrigens beruht die Möglichkeit der Beschleunigung überhaupt, durch ein fortwährendes Moment derselben, auf dem Gesetze der Trägheit. Die Sollicitation der Materie durch expansive Kraft (z. B. einer zusammengedruckten Luft, die ein Gewicht trägt) geschieht jederzeit mit einer endlichen Geschwindigkeit, die Geschwindigkeit aber, die dadurch einem andern Körper eingedruckt (oder entzogen) wird, kann nur unendlich klein seyn; denn jene ist nur eine Flächenkraft, oder, welches einerley ist, die Bewegung eines unendlich kleinen Quantum von Materie, die folglich mit endlicher Geschwindigkeit geschehen muß, um der Bewegung eines Körpers

von

von endlicher Masse mit unendlich kleiner Geschwindigkeit (einem Gewichte) gleich zu seyn. Dagegen ist die Anziehung eine durchdringende Kraft, und mit einer solchen übt ein endliches Quantum der Materie auf ein gleichfalls endliches Quantum einer andern bewegende Kraft aus. Die Sollicitation der Anziehung muß also unendlich klein seyn, weil sie dem Moment der Acceleration (welches jederzeit unendlich klein seyn muß) gleich ist, welches bey der Zurückstoßung, da ein unendlich kleiner Theil der Materie einem endlichen ein Moment eindrucken soll, der Fall nicht ist. Es läßt sich keine Anziehung mit einer endlichen Geschwindigkeit denken, ohne daß die Materie durch ihre eigene Anziehungskraft sich selbst durchdringen müßte. Denn die Anziehung, welche eine endliche Quantität Materie auf eine endliche mit einer endlichen Geschwindigkeit ausübt, muß eine jede endliche Geschwindigkeit, womit die Materie durch ihre Undurchdringlichkeit, aber nur mit einem unendlich kleinen Theile der Quantität ihrer Materie entgegenwirkt, in allen Punkten der Zusammendrückung überlegen seyn. Wenn die Anziehung nur eine Flächenkraft ist, wie man sich den Zusammenhang denkt, so würde das Gegentheil von diesem erfolgen. Allein es ist unmöglich ihn so zu denken, wenn er wahre Anziehung (und nicht bloß äußere Zusammendrükkung) seyn soll.

Ein absolut harter Körper würde derjenige seyn, dessen Theile einander so stark zögen, daß sie durch kein Gewicht getrennt, und in ihrer Lage gegen einander nicht verändert werden könnten. Weil nun die Theile der Materie eines solchen Körpers sich mit einem Moment der Acceleration ziehen müßten, welches gegen

das der Schwere unendlich, gegen das der Masse aber, welche dadurch getrieben wird, endlich seyn würde, so müßte der Widerstand durch Undurchdringlichkeit, als expansive Kraft, da er jederzeit mit einer unendlich kleinen Quantität der Materie geschieht, mit mehr als endlicher Geschwindigkeit der Sollicitation geschehen, d. i. die Materie würde sich mit unendlicher Geschwindigkeit auszudehnen trachten, welches unmöglich ist. Also ist ein absolut harter Körper, d. i. ein solcher, der einem mit endlicher Geschwindigkeit bewegten Körper im Stoße einen Widerstand, der der ganzen Kraft desselben gleich wäre, in einem Augenblicke entgegensetzte, unmöglich. Folglich leistet eine Materie durch ihre Undurchdringlichkeit oder Zusammenhang, gegen die Kraft eines Körpers in endlicher Bewegung, in einem Augenblicke nur unendlich kleinen Widerstand. Hieraus folgt nun das mechanische Gesetz der Stetigkeit (lex continui mechanica), nämlich: an keinem Körper wird der Zustand der Ruhe, oder der Bewegung, und an dieser, der Geschwindigkeit oder der Richtung, durch den Stoß in einem Augenblicke verändert, sondern nur in einer gewissen Zeit, durch eine unendliche Reihe von Zwischenzuständen, deren Unterschied von einander kleiner ist, als der des ersten und letzten. Ein bewegter Körper, der auf eine Materie stößt, wird also durch deren Widerstand nicht auf einmal, sondern nur durch continuirliche Retardation zur Ruhe, oder der, der in Ruhe war, nur durch continuirliche Acceleration in Bewegung, oder aus einem Grade Geschwindigkeit in einen andern nur nach derselben Regel versetzt; imgleichen wird die Richtung seiner Bewegung in eine solche, die mit jener einen Winkel macht, nicht anders, als vermittelst aller möglichen dazwischen

schen liegenden Richtungen, d. i. vermittelst der Bewegung in einer krummen Linie, verändert.

Phänomenologie.

Hier erklärt Kant die Materie als das Bewegliche, so fern es, als ein solches, ein Gegenstand der Erfahrung seyn kann.

Alle Bewegung, so wie das, was durch Sinne vorgestellt wird, ist nur als Erscheinung gegeben. Damit ihre Vorstellung Erfahrung werde, wird noch erfordert, daß etwas durch den Verstand gedacht werde, nämlich zu der Art, wie die Vorstellung dem Subjekte inhärirt, noch die Bestimmung eines Objekts durch dieselbe. Also wird das Bewegliche, als ein solches, ein Gegenstand der Erfahrung, wenn ein gewisses Objekt (hier also ein materielles Ding) in Ansehung des Prädikats der Bewegung als bestimmt gedacht wird. Nun ist aber Bewegung Veränderung der Relation im Raume. Es sind also hier immer zwey Correlata, deren einem in der Erscheinung erstlich eben so gut wie dem andern die Veränderung beygelegt, und eines entweder, oder das andere bewegt genannt werden kann, weil beydes gleichgültig ist, oder zweytens, deren eines in der Erfahrung mit Ausschließung des andern als bewegt gedacht werden muß, oder drittens, deren beyde nothwendig durch Vernunft als zugleich bewegt vorgestellt werden müssen. In der Erscheinung, die nichts als die Relation in der Bewegung (ihrer Veränderung nach) enthält, ist nichts von diesen Bestimmungen enthalten; wenn aber das Bewegliche, als ein solches, nämlich seiner Bewegung nach, bestimmt gedacht werden soll, d. i. zum Behuf einer

möglichen Erfahrung, so ist es nöthig, die Bedingungen anzuzeigen, unter welchen der Gegenstand (die Materie) auf eine oder die andere Art durch das Prädikat der Bewegung bestimmt werden müsse. Hier ist aber keinesweges die Rede von Verwandlung des Scheins in Wahrheit, sondern der Erscheinung in der Erfahrung; denn beym Scheine ist der Verstand mit seinen einen Gegenstand bestimmenden Urtheilen jederzeit im Spiele, ob er gleich in Gefahr ist, das Subjektive für objektiv zu nehmen; in der Erscheinung aber ist gar kein Urtheil des Verstandes anzutreffen.

Hiernächst giebt Kant folgende drey Lehrsätze,

I. die geradlinigte Bewegung einer Materie in Ansehung eines empirischen Raums ist, zum Unterschiede von der entgegengesetzten Bewegung des Raums, ein bloß mögliches Prädikat. Eben dasselbe in gar keiner Relation auf eine Materie außer ihr, d. i. als absolute Bewegung gedacht, ist unmöglich.

Ob ein Körper im relativen Raume bewegt, dieser aber ruhig genannt werde, oder umgekehrt, dieser in entgegengesetzter Richtung gleich geschwinde bewegt, dagegen jener ruhig genannt werden solle, ist kein Streit über das, was dem Gegenstande, sondern nur seinem Verhältnisse zum Subjekt, mithin der Erscheinung und nicht der Erfahrung zukommt. Denn stellt sich der Zuschauer in demselben Raume als ruhig, so heißt ihm der Körper bewegt; stellt er sich (wenigstens in Gedanken) in einen andern und jenen umfassenden Raum, in Ansehung dessen der Körper gleichfalls ruhig ist, so heißt jener relative Raum bewegt. Also ist in der Erfahrung (einer Erkenntniß, die das Objekt für alle Erscheinungen gültig bestimmt) gar

gar kein Unterschied zwischen der Bewegung des Körpers im relativen Raume, oder der Ruhe des Körpers im absoluten und der entgegengesetzten gleichen Bewegung des relativen Raums. Nun ist die Vorstellung eines Gegenstandes durch eines von zweyen Prädikaten, die in Ansehung des Objekts gleichgeltend sind, und sich nur in Ansehung des Subjekts und seiner Vorstellungsart von einander unterscheiden, nicht die Bestimmung nach einem disjunctiven, sondern bloß die Wahl nach einem alternativen Urtheile (wovon das erstere von zweyen objektiv entgegengesetzten Prädikaten eines mit Ausschließung des Gegentheils, das andere aber von objektiv zwar gleichgeltenden, subjektiv aber einander entgegengesetzten Urtheilen, ohne Ausschließung des Gegentheils vom Objekt — also durch bloße Wahl — eines zur Bestimmung desselben annimmt); d. h. durch den Begriff der Bewegung, als Gegenstandes der Erfahrung, ist es an sich unbestimmt, mithin gleichgeltend, ob ein Körper im relativen Raume, oder dieser in Ansehung jenes als bewegt vorgestellt werde. Nun ist dasjenige, was in Ansehung zweyer einander entgegengesetzter Prädikate an sich unbestimmt ist, so fern bloß möglich. Also ist die geradlinigte Bewegung einer Materie im empirischen Raume, zum Unterschiede von der entgegengesetzten gleichen Bewegung des Raums, in der Erfahrung ein bloß mögliches Prädikat; welches das erste war.

Da ferner eine Relation, mithin auch eine Veränderung derselben d. i. Bewegung, nur so fern ein Gegenstand der Erfahrung seyn kann, als beyde Correlata Gegenstände der Erfahrung sind; der reine Raum aber, den man auch, im Gegensatze gegen den rela-

relativen (empirischen) den absoluten Raum nennt, kein Gegenstand der Erfahrung und überall nichts ist; so ist die geradlinigte Bewegung ohne Beziehung auf irgend etwas Empirisches, d. i. die absolute Bewegung, schlechterdings unmöglich, welches das zweyte war.

II. Die Kreisbewegung einer Materie ist, zum Unterschiede von der entgegengesetzten Bewegung des Raums, ein wirkliches Prädikat derselben; dagegen ist die entgegengesetzte Bewegung eines relativen Raums, statt der Bewegung des Körpers genommen, keine wirkliche Bewegung des letztern, sondern, wenn sie dafür gehalten wird, ein bloßer Schein.

Die Kreisbewegung ist (so wie jede krummlinigte) eine continuirliche Veränderung der geradlinigten, und da diese selbst eine continuirliche Veränderung der Relation in Ansehung des äußern Raums ist, so ist die Kreisbewegung eine Veränderung der Veränderung dieser äußern Verhältnisse im Raume, folglich ein continuirliches Entstehen neuer Bewegungen. Weil nun nach dem Gesetze der Trägheit eine Bewegung, so fern sie entsteht, eine äußere Ursache haben muß, gleichwohl aber der Körper in jedem Punkte dieses Kreises (nach eben demselben Gesetze) für sich in der den Kreis berührenden geraden Linie fortzugehen bestrebt ist, welche Bewegung jener äußern Ursache entgegenwirkt, so beweißt ein jeder Körper in der Kreisbewegung durch seine Bewegung eine bewegende Kraft. Nun ist die Bewegung des Raums, zum Unterschiede der Bewegung des Körpers, bloß phoronomisch, und hat keine bewegende Kraft. Folglich ist das Urtheil, daß hier entweder der Körper, oder der Raum in entgegengesetzter Richtung bewegt sey, ein

ein disjunktives Urtheil, durch welches, wenn das eine Glied, nämlich die Bewegung des Körpers, gesetzt ist, das andere, nämlich die des Raumes, ausgeschlossen wird; also ist die Kreisbewegung eines Körpers, zum Unterschiede von der Bewegung des Raums, wirkliche Bewegung, folglich die letztere, wenn sie gleich der Erscheinung nach mit der erstern übereinkommt, dennoch im Zusammenhange aller Erscheinungen d. i. der möglichen Erfahrung, dieser widerstreitend, also nichts als bloßer Schein.

III. In jeder Bewegung eines Körpers, wodurch er in Ansehung eines andern bewegend ist, ist eine entgegengesetzte gleiche Bewegung des letztern nothwendig.

Die Mittheilung der Bewegung der Körper ist nur durch Gemeinschaft ihrer ursprünglich bewegenden Kräfte und diese nur durch beyderseitige entgegengesetzte und gleiche Bewegung möglich. Die Bewegung beyder ist also wirklich. Da aber die Wirklichkeit dieser Bewegung nicht auf dem Einflusse äußerer Kräfte beruht, sondern aus dem Begriffe der Relation des Bewegten im Raume zu jedem andern dadurch Beweglichen unmittelbar und unvermeidlich folgt, so ist die Bewegung des letztern nothwendig.

Diese drey Lehrsätze bestimmen die Modalität der Bewegung in Ansehung der Phoronomie, der Dynamik und der Mechanik.

Endlich macht Kant zur Phänomenologie noch folgende allgemeine Anmerkung. Es finden sich hier drey Begriffe, deren Gebrauch in der allgemeinen Naturwissenschaft unvermeidlich, deren genaue Bestimmung um deswillen nothwendig, obgleich eben nicht

so leicht und faßlich ist, nämlich der Begriff der Bewegung im relativen (beweglichen) Raume, zweytens der Begriff der Bewegung im absoluten (unbeweglichen) Raume, drittens der Begriff der relativen Bewegung überhaupt, zum Unterschiede von der absoluten. Allen wird der Begriff des absoluten Raums zum Grunde gelegt. Wie kommt man aber zu diesem sonderbaren Begriffe, und worauf beruht die Nothwendigkeit seines Gebrauchs?

Er kann kein Gegenstand der Erfahrung seyn; denn der Raum ohne Materie ist kein Objekt der Wahrnehmung, und dennoch ist er ein nothwendiger Vernunftbegriff, mithin nichts weiter, als eine bloße Idee. Denn, damit Bewegung auch nur als Erscheinung gegeben werden könne, dazu wird eine empirische Vorstellung des Raums, in Ansehung dessen das Bewegliche sein Verhältniß verändern soll, erfordert; der Raum aber, der wahrgenommen werden soll, muß materiell, mithin, dem Begriffe einer Materie überhaupt zu Folge, selbst beweglich seyn. Um ihn nun bewegt zu denken, darf man ihn nur als in einem Raume von größerm Umfange enthalten denken, und diesen als ruhig annehmen. Mit diesem aber läßt sich eben dasselbe in Ansehung eines noch mehr erweiterten Raums veranstalten und so ins Unendliche, ohne jemals zu einem unbeweglichen (unmateriellen) Raume durch Erfahrung zu gelangen, in Ansehung dessen irgend einer Materie schlechthin Bewegung oder Ruhe beygelegt werden könne, sondern der Begriff dieser Verhältnißbestimmungen wird beständig abgeändert werden müssen, nachdem man das Bewegliche mit einem oder dem andern dieser Räume in Verhältniß betrachten wird. Da nun die Be-

dingung, etwas als ruhig oder bewegt anzusehen, im relativen Raume ins Unendliche immer wiederum bedingt ist, so erhellt daraus 1. daß alle Bewegung oder Ruhe bloß relativ und keine absolut seyn könne, d. i. daß Materie bloß in Verhältniß auf Materie, niemals aber in Ansehung des bloßen Raums ohne Materie, als bewegt oder ruhig gedacht werden könne, mithin absolute Bewegung, d. i. eine solche, die ohne alle Beziehung einer Materie auf eine andere gedacht wird, schlechthin unmöglich sey: 2. daß auch eben darum kein für alle Erscheinung gültiger Begriff von Bewegung der Ruhe im relativen Raume möglich sey, sondern man sich einen Raum, in welchem dieser selbst als bewegt gedacht werden könne, der aber seiner Bestimmung nach weiter von keinem andern empirischen Raume abhängt, und daher nicht wiederum bedingt ist, d. i. einen absoluten Raum, auf den alle relative Bewegungen bezogen werden können, denken müsse, in welchem alles Empirische beweglich ist, eben darum, damit in demselben alle Bewegung des Materiellen, als bloß relativ gegen einander, als alternativ-wechselseitig, keine aber als absolute Bewegung oder Ruhe (da, indem das eine bewegt heißt, das andere, worauf in Beziehung jenes bewegt ist, gleichwohl als schlechthin ruhig vorgestellt wird) gelten möge. Der absolute Raum ist also nicht als ein Begriff von einem wirklichen Objekt, sondern als eine Idee, welche zur Regel dienen soll, alle Bewegung in ihm bloß als relativ zu betrachten, nothwendig, und alle Bewegung und Ruhe muß auf den absoluten Raum reducirt werden, wenn die Erscheinung derselben in einem bestimmten Erfahrungsbegriff (der alle Erscheinungen vereinigt) verwandelt werden soll.

So wird die geradlinigte Bewegung eines Körpers im relativen Raume auf den absoluten Raum reducirt, wenn man den Körper als an sich ruhig, jenen Raum aber im absoluten (der nicht in die Sinne fällt) in entgegengesetzter Richtung bewegt, und diese Vorstellung als diejenige denkt, welche gerade dieselbe Erscheinung giebt, wodurch denn alle mögliche Erscheinungen geradlinigter Bewegungen, die ein Körper allenfalls zugleich haben mag, auf den Erfahrungsbegriff, der sie insgesammt vereinigt, nämlich den der bloßen relativen Bewegung und Ruhe, zurückgeführt werden.

Die Kreisbewegung, weil sie auch ohne Beziehung auf den äußern empirisch gegebenen Raum als wirkliche Bewegung in der Erfahrung gegeben werden kann, scheint doch in der That absolute Bewegung zu seyn. Denn die relative in Ansehung des äußern Raums (z. B. die Achsendrehung der Erde relativ auf die Sterne des Himmels) ist eine Erscheinung, an deren Stelle die entgegengesetzte Bewegung dieses Raums (des Himmels) in derselben Zeit, als jener völlig gleichgeltend, gesetzt werden kann, die aber nach dem zweyten Lehrsatze in der Erfahrung durchaus nicht an deren Stelle gesetzt werden kann, mithin auch jene Kreisbewegung nicht als äußerlich relativ vorgestellt werden soll, welches so lautet, als ob diese Art der Bewegung für absolut anzunehmen sey.

Allein, bemerkt Kant, es ist wohl zu merken: daß hier von der wahren (wirklichen) Bewegung, die doch nicht als solche erscheint, die also, wenn man sie bloß nach empirischen Verhältnissen zum Raume beurtheilen wollte, für Ruhe könnte gehalten werden, d. i. von der wahren Bewegung, zum Unterschie-

schiede vom Schein, nicht aber von ihr als absoluten Bewegung im Gegensatze der relativen die Rede sey, mithin die Kreisbewegung, ob sie zwar in der Erscheinung keine Stellen-Veränderung, d. i. keine phoronomische, des Verhältnisses des Bewegten zum (empirischen) Raume, zeigt, dennoch eine durch Erfahrung erweisliche continuirliche dynamische Veränderung des Verhältnisses der Materie in ihrem Raume, z. B. eine beständige Verminderung der Anziehung durch eine Bestrebung zu entfliehen, als Wirkung der Kreisbewegung, zeige und dadurch den Unterschied derselben vom Schein sicher bezeichne. Man kann sich z. B. die Erde im unendlich leeren Raum als um die Achse gedreht vorstellen, und diese Bewegung auch durch Erfahrung darthun, obgleich weder das Verhältniß der Theile der Erde unter einander, noch zum Raume außer ihr, phoronomisch, d. i. in der Erscheinung, verändert wird. Denn in Ansehung des erstern als empirischen Raums verändert nichts auf und in der Erde seine Stelle, und in Beziehung des zweyten, der ganz leer ist, kann überall kein äußeres verändertes Verhältniß, mithin auch keine Erscheinung einer Bewegung statt finden. Allein, wenn man sich eine zum Mittelpunkt der Erde hingehende tiefe Höhle vorstellt, einen Stein darin fallen läßt, und findet, daß, obzwar in jeder Weite vom Mittelpunkte die Schwere immer nach diesem hingerichtet ist, der fallende Stein dennoch von seiner senkrechten Richtung im Fallen continuirlich und zwar von West nach Ost abweicht, so schließt man, die Erde sey von Abend gegen Morgen um die Achse gedreht. Oder wenn man auch außerhalb den Stein von der Oberfläche der Erde weiter entfernt, und findet, daß er nicht über demselben Punkte der Oberfläche bleibt,

son-

sondern sich von demselben von Osten nach Westen entfernt, so wird man auf eben die vorhin genannte Achsendrehung der Erde schließen, und beyde Wahrnehmungen werden zum Beweise der Wirklichkeit dieser Bewegung hinreichend seyn, wozu die Veränderung des Verhältnisses zum äußern Raume (dem bestirnten Himmel) nicht hinreicht, weil sie bloße Erscheinung ist, die von zwey in der That entgegengesetzten Gründen herrühren kann, und nicht ein aus dem Erklärungsgrunde aller Erscheinungen dieser Veränderung abgeleitetes Erkenntniß, d. i. Erfahrung, ist. Daß aber diese Bewegung, ob sie gleich keine Veränderung des Verhältnisses zum empirischen Raume ist, dennoch keine absolute Bewegung, sondern continuirliche Veränderung der Relationen der Materien zu einander, obzwar im absoluten Raume vorgestellt, mithin wirklich nur relative und sogar darum allein wahre Bewegung sey, das beruht auf der Vorstellung der wechselseitigen continuirlichen Entfernung eines jeden Theils der Erde (außerhalb der Achse) von jedem andern ihm in gleicher Entfernung vom Mittelpunkte im Diameter gegen über liegenden. Denn diese Bewegung ist im absoluten Raume wirklich, indem dadurch der Abgang der gedachten Entfernung, den die Schwere allein dem Körper zuziehen würde, und zwar ohne alle dynamische zurücktreibende Ursache, mithin durch wirkliche, aber auf den innerhalb der bewegten Materie (nämlich das Centrum derselben) beschlossenen, nicht aber auf den äußern Raum bezogene Bewegung, continuirlich ersetzt wird.

Was den Fall des dritten Lehrsatzes anlangt, so bedarf es, um die Wahrheit der wechselseitig entgegengesetzten und gleichen Bewegung beyder Körper auch

auch ohne Rücksicht auf den empirischen Raum zu zeigen, nicht einmal des im zweyten Fall nöthigen durch Erfahrung gegebenen thätigen dynamischen Einflusses (der Schwere, oder eines gespannten Fadens), sondern diese bloße dynamische Möglichkeit eines solchen Einflusses, als Eigenschaft der Materie, (die Zurückstoßung oder Anziehung) führt, bey der Bewegung der einen, die gleiche und entgegengesetzte Bewegung der andern zugleich mit sich, und zwar aus bloßen Begriffen einer relativen Bewegung, wenn sie im absoluten Raume, d. i. nach der Wahrheit, betrachtet wird, und ist daher, wie alles was aus bloßen Begriffen hinreichend erweislich ist, ein Gesetz einer schlechterdings nothwendigen Gegenbewegung.

Es ist also keine absolute Bewegung, wenn gleich ein Körper im leeren Raume in Ansehung eines andern als bewegt gedacht wird; die Bewegung beyder wird hier nicht relativ auf den sie umgebenden Raum, sondern nur auf den zwischen ihnen, welcher ihr äußeres Verhältniß unter einander allein bestimmt, als den absoluten Raum betrachtet, und ist also wiederum nur relativ. Absolute Bewegung würde also nur diejenige seyn, die einem Körper ohne ein Verhältniß auf irgend eine andere Materie zukäme. Eine solche wäre allein die geradlinigte Bewegung des Weltganzen, d. i. des Systems aller Materie. Denn, wenn außer einer Materie noch irgend eine andere, selbst durch den leeren Raum getrennte Materie wäre, so würde die Bewegung schon relativ seyn. Um deswillen ist ein jeder Beweis eines Bewegungsgesetzes, der darauf hinausläuft, daß das Gegentheil desselben eine geradlinigte Bewegung des ganzen Weltgebäudes zur Folge haben müßte, ein apodiktischer Beweis der

Wahr-

Wahrheit desselben; bloß weil daraus absolute Bewegung folgen würde, die schlechterdings unmöglich ist. Von der Art ist das Gesetz des Antagonismus in aller Gemeinschaft der Materie durch Bewegung. Denn eine jede Abweichung von demselben würde den gemeinschaftlichen Mittelpunkt der Schwere aller Materie, mithin das ganze Weltgebäude aus der Stelle rücken, welches dagegen, wenn man dieses sich als um seine Achse gedreht vorstellen wollte, nicht geschehen würde, welche Bewegung also immer noch zu denken möglich, obzwar anzunehmen, so viel man absehen kann, ganz ohne begreiflichen Nutzen seyn würde.

Auf die verschiedenen Begriffe der Bewegung und bewegenden Kräfte haben auch die verschiedenen Begriffe vom leeren Raume ihre Beziehung. Der leere Raum in phoronomischer Rücksicht, der auch der absolute Raum heißt, sollte billig nicht ein leerer Raum genannt werden; denn er ist nur die Idee von einem Raume, in welchem man von aller besondern Materie, die ihn zum Gegenstande der Erfahrung macht, abstrahirt, um in ihm den materiellen, oder jeden empirischen Raum, noch als beweglich, und dadurch die Bewegung nicht bloß einseitig, als absolutes, sondern jederzeit wechselseitig, als bloß relatives Prädikat zu denken. Er ist also gar nichts, was zur Existenz der Dinge, sondern bloß zur Bestimmung der Begriffe gehört, und so fern existirt kein leerer Raum. Der leere Raum in dynamischer Rücksicht ist der, der nicht erfüllt ist, d. i. worin dem Eindringen des Beweglichen nichts anderes Bewegliches widersteht, folglich keine repulsive Kraft statt findet, und er kann entweder der leere Raum in der

Welt,

Welt, oder, wenn diese als begrenzt vorgestellt wird, der leere Raum außer der Welt seyn; der erstere auch entweder als zerstreuter (der nur einen Theil des Volumens der Materie ausmacht) oder als gehäufter leerer Raum (der die Körper, z. B. Weltkörper, von einander absondert) vorgestellt werden, welche Unterscheidung, da sie nur auf den Unterschied der Plätze, die man dem leeren Raum in der Welt anweißt, beruht, eben nicht wesentlich ist, aber doch in verschiedener Absicht gebraucht wird, der erste, um den specifischen Unterschied der Dichtigkeit, der zweyte, um die Möglichkeit einer von allem äußern Widerstande freyen Bewegung im Weltraume abzuleiten. Daß den leeren Raum in der erstern Absicht anzunehmen nicht nöthig sey, ist schon in der allgemeinen Anmerkung der Dynamik oben angeführt worden; daß er aber unmöglich sey, kann aus seinem Begriffe allein, nach dem Satze des Widerspruchs, keinesweges bewiesen werden. Gleichwohl, wenn hier auch kein bloß logischer Grund der Verwerfung desselben anzutreffen wäre, könnte doch ein allgemeiner physischer Grund, ihn aus der Naturlehre zu verweisen, nämlich der von der Möglichkeit der Zusammensetzung einer Materie überhaupt, da seyn, wenn man die letztere nur besser einsähe. Denn, wenn die Anziehung, die man zur Erklärung des Zusammenhangs der Materie annimmt, nur scheinbare, nicht wahre Anziehung, vielmehr etwa bloß die Wirkung einer Zusammendrückung durch äußere im Weltraume allenthalben verbreitete Materie (den Aether), welche selbst nur durch eine allgemeine und ursprüngliche Anziehung, nämlich die Gravitation, zu diesem Drucke gebracht wird, seyn sollte, welche Meynung nach Kant manche Gründe für sich hat, so würde der leere Raum innerhalb der

Materien, wenn gleich nicht logisch, doch dynamisch und also physisch unmöglich seyn, weil jede Materie sich in die leeren Räume, die man innerhalb derselben annähme, (da ihrer expansiven Kraft hier nichts widersteht) von selbst ausbreiten, und sie jederzeit erfüllt erhalten würde. Ein leerer Raum außer der Welt würde, wenn man unter dieser den Inbegriff aller vorzüglich attractiven Materien (der großen Weltkörper) versteht, aus eben denselben Gründen unmöglich seyn, weil nach dem Maaße, als die Entfernung von diesen zunimmt, auch die Anziehungskraft auf den Aether (der jene Körper alle einschließt, und, von jener getrieben, sie in ihrer Dichtigkeit durch Zusammendrückung erhält) in umgekehrtem Verhältnisse abnimmt, dieser also selbst nur ins Unendliche an Dichtigkeit abnehmen, nirgend aber den Raum ganz leer lassen würde. Daß es indessen mit Wegschaffung des leeren Raums ganz hypothetisch zugeht, darf Niemand befremden; geht es doch mit der Behauptung desselben nicht besser zu. Diejenigen, welche diese Streitfrage dogmatisch zu entscheiden wagen, mögen sie es bejahend oder verneinend thun, stützen sich zuletzt auf lauter methaphysische Voraussetzungen, wie aus der Dynamik erhellt, und es ist wenigstens nöthig gewesen, zu zeigen, daß diese über gedachte Aufgabe gar nicht entscheiden können. Was drittens den leeren Raum in mechanischer Absicht betrifft, so ist dieser das gehäufte Leere innerhalb dem Weltganzen, um den Weltkörpern freye Bewegung zu verschaffen. Man sieht leicht, daß die Möglichkeit oder Unmöglichkeit desselben nicht auf metaphysischen Gründen, sondern dem schwer aufzuschließenden Naturgeheimnisse, auf welche Art die Materie ihrer eigenen ausdehnenden Kraft Schranken setze, beruhe. Gleichwohl, wenn

das,

das, was in der allgemeinen Anmerkung zur Dynamik von der ins Unendliche möglichen größern Ausdehnung specifisch verschiedener Stoffe, bey derselben Quantität der Materie (ihrem Gewichte nach) gesagt worden, eingeräumt wird, so möchte wohl um der freyen und dauernden Bewegung der Weltkörper willen, einen leeren Raum anzunehmen unnöthig seyn, weil der Widerstand, selbst bey gänzlich erfüllten Räumen, alsdenn doch so klein als man will gedacht werden kann.

Dieß ist das erste vollständige System einer metaphysischen Naturwissenschaft, welches jeder besondern Physik zum Grunde gelegt werden muß. Meiner Meynung nach ist dasselbe bey weitem noch nicht widerlegt worden, so viel sich auch neuere Philosophen, besonders die Herren Schelling und Wagner, Mühe gegeben haben, dasselbe zu verdrängen, und eigene Theorien nach ganz andern Ansichten festzusetzen. Die Folge dieser Geschichte wird beweisen, daß Kant's Verdienste durch diese neuen Ansichten im geringsten nicht geschmälert, sondern daß sie vielmehr dadurch vergrößert worden sind, da sein System, ungeachtet aller Widersprüche, bis jetzt noch unerschütterlich fest steht.

Kant bewieß, daß der Materie als Materie wesentliche Repulsionskraft zukomme, welche ihre Elasticität genannt werde, woraus er denn folgert, daß alle Materie ursprünglich elastisch sey. Der Herr Hofrath Mayer o) in Göttingen suchte aber darzuthun,

o) Ob es nöthig sey, eine zurückstoßende Kraft in der Natur anzunehmen, in Grens Journal der Physik. B. VII. S. 208. u. f.

thun, daß man gar nicht nöthig habe, eine Repulsionskraft in der Natur anzunehmen, indem sie nur da, wo sie wahrgenommen würde, scheinbar sey, und sich auf Anziehung zurückbringen lasse. Er bemerkt, es sey hier bloß von demjenigen Raum die Rede, den die Materie vollkommen erfülle, mit Ausschluß der zerstreueten Leere. Diesen noch vollkommener zu erfüllen, sey doch eine absolute Unmöglichkeit, und selbst eine unendliche Kraft würde nicht vermögend seyn, mehr Materie in diesen Raum zu bringen. Daher sey die Existenz der Materie in diesem Raume vollkommen hinreichend, die materielle Undurchdringlichkeit zu erklären, durch eine angenommene Repulsionskraft werde diese Erklärung um nichts deutlicher, und dann könne man doch das, was verhindere, daß das Seyn eines Dinges zugleich das Seyn eines andern Dinges sey, unmöglich Kraft nennen. Auch würde diese Kraft noch nicht das Phänomen der Elasticität erklären, oder beweisen, daß alle Materie ursprünglich elastisch sey. Denn das Bestreben, angenäherte Theile zu entfernen, sey doch etwas ganz anders, als das Bestreben, nach erfolgter Verdrängung aus einem Orte den vorigen Ort wieder einzunehmen. Zur Erklärung der Elasticität fester Körper brauche man bloß anziehende Kraft in Verbindung mit der Figur der Theilchen, oder auch nur der Art ihrer Zusammenfügung. Die Elasticität flüssiger Materien sucht Herr Mayer durch Atmosphären von Wärmestoff zu erklären, welche sich um die Theilchen der Körper bilden. Diese Atmosphären entstehen durch die Verwandtschaft, oder gleichsam durch die Schwerkraft des Wärmestoffs gegen die Theilchen des Körpers, und ihre Dichtigkeit hat in jedem Abstande von dem Körpertheilchen, von dem die Atmosphäre gezogen

gen wird, ein durch die Ziehkraft selbst bestimmtes Maximum, welches ohne Anwendung äußerer Kräfte oder ohne eine vermehrte Ziehkraft des Theilchens nicht überschritten werden kann. Druckt man eine solche Atmosphäre durch äußere Gewalt zusammen, so wird nach dem Aufhören dieses Drucks jene Dichtigkeit wieder in ihre vorigen Grenzen zurückgehen, weil diejenige Quantität des Wärmestoffs, welche in jeder Schicht der Atmosphäre durch die Ziehkraft des Körpertheilchens erhalten werden kann, diejenige Quantität aus der Stelle verdrängen muß, welche über den gehörigen Grad daselbst angehäuft worden ist. Hiezu kommt, daß eine solche Atmosphäre von Wärmestoff auch ihre bestimmte Gestalt hat, welche von der Figur des Körpertheilchens abhängt, und sich, wenn sie durch einen äußern Druck abgeändert wird, eben so wiederherstellen muß, wie die Figur eines Quecksilbertropfens, den man platt gedruckt hätte. Hier ist also die Wiederherstellung der Figur bloß ein Erfolg des Strebens nach Gleichgewicht in der Anziehung.

Herrn Mayers Erinnerungen treffen aber offenbar Kant's erwiesenen Lehrsatz nicht, und seine übrigen Erklärungen, die Phänomene, bey welchen Abstoßen wahrgenommen wird, aus Anziehung abzuleiten, sind hypothetisch, und beruhen auf unerwiesenen Voraussetzungen. Wenn Herr Mayer behauptet, daß bloß von demjenigen Raume die Rede sey, den die Materie vollkommen erfülle, mit Ausschluß der zerstreuten Leere, so übersieht er offenbar den Hauptpunkt, aus dem Kant ausgeht. Dieser will erst die Möglichkeit der Materie erweisen, und jener nimmt sie schon als erwiesen an. Mit vollem Rechte erklärte Kant zuerst die Materie als das Beweg-

wegliche, sofern es einen Raum erfüllt, und daß einen Raum erfüllen nichts weiter heiße, als allem Beweglichen widerstehen. Hiernächst mußte Kant natürlich beweisen, wie die Erfüllung des Raums möglich sey. Herr Mayer nimmt aber schon den Raum als erfüllt an, d. i. nach atomistischer Vorstellung die Materie als absolut undurchdringlich, und folgert hieraus dasjenige, was lange schon von andern gefolgert worden ist.

Nach Kant hat vorzüglich Herr Schelling sich bemüht, ein System der Naturphilosophie aufzustellen, welches die Grundursache angeben soll, aus welcher Natur und Geist zur Erscheinung ausgehen. Zu diesem Behuf hat zwar Herr Schelling mehrere Schriften bekannt gemacht; allein ich werde mich bey gegenwärtiger kurzen Darstellung seiner vorzüglichen Sätze besonders auf seinen ersten Entwurf eines Systems einer Naturphilosophie beziehen, da er bey weitem das noch nicht dargethan hat, was er hat darthun wollen.

Der Grund seiner Naturphilosophie beruht besonders auf folgenden beyden Sätzen:

I. Die Natur muß als unbedingt angesehen werden. Um den Begriff des Unbedingten festzusetzen, nimmt Schelling folgenden Satz aus der Transcendentalphilosophie als bekannt an:

Das Unbedingte kann überhaupt nicht in irgend einem einzelnen Dinge, noch in irgend etwas gesucht werden, von dem man sagen kann, daß es ist. Denn was ist, nimmt nur an dem Seyn Theil, und ist nur eine einzelne Form oder Art des Seyns. — Umgekehrt kann man vom Unbedingten niemals sagen, das es ist. Denn es ist

das

das Seyn selbst, das in keinem endlichen Produkte sich ganz darstellt, und wovon alles Einzelne nur gleichsam ein besonderer Ausdruck ist.

Es kann also in keinem einzelnen Naturdinge, als solchem, das Unbedingte der Natur gesucht werden; vielmehr offenbart sich in jedem Naturdinge ein Princip des Seyns, das nicht selbst ist. Daß nun aber das Unbedingte überhaupt nicht unter dem Prädikat des Seyns gedacht werden könne, folgt von selbst daraus, daß es als Princip alles Seyns an keinem höhern Seyn Theil nehmen kann. Denn wenn alles, was ist, nur gleichsam die Farbe des Unbedingten ist, so muß das Unbedingte selbst überall durch sich selbst offenbar werden. Da nun nach Principien der Transcendentalphilosophie alles, was ist, Construction des Geistes ist, so ist das Seyn selbst nichts anders, als das Construiren selbst, oder, da Construction überhaupt nur als Thätigkeit vorstellbar ist, nichts anders, als die höchste construirende Thätigkeit, die, obgleich selbst nie Objekt, doch Princip alles Objektiven ist. Die Transcendentalphilosophie weiß also von keinem ursprünglichen Seyn. Eben so wenig soll nun das Seyn in der Naturphilosophie etwas Ursprüngliches seyn; der Begriff des Seyns als eines Ursprünglichen soll aus der Naturphilosophie schlechthin eliminirt werden. Dieß und nichts anders sagt der Satz: **die Natur soll als unbedingt angesehen werden.**

Nun ist aber nach allgemeiner Uebereinstimmung die Natur selbst nichts anders, als der Inbegriff alles Seyns; es wäre daher unmöglich, die Natur als ein Unbedingtes anzusehen, wenn nicht im Begriff des Seyns selbst die verborgene Spur der Freyheit ent-

entdeckbar wäre. Darum behauptet Schelling: Alles einzelne in der Natur sey nur eine Form des Seyns selbst, aber = absoluter Thätigkeit. Denn, wenn das Seyn selbst = Thätigkeit ist, so kann auch das einzelne Seyn nicht absolute Negation der Thätigkeit seyn. Das Naturprodukt müssen wir uns allerdings unter dem Prädikat des Seyns denken; aber dieses Seyn selbst ist von einem höhern Standpunkt angesehen nichts anders, als eine continuirliche wirksame Naturthätigkeit, die in ihrem Produkte erloschen ist. — Ursprünglich aber ist für uns in der Natur überhaupt kein einzelnes Seyn vorhanden, denn sonst ist die Untersuchung nicht Philosophie, sondern Empirie. — Wir müssen, was Objekt ist, in seinem ersten Ursprung erblicken. Vorerst ist also alles, was in der Natur ist, und die Natur, als Inbegriff des Seyns, selbst für uns gar nicht vorhanden. Ueber die Natur philosophiren heißt die Natur schaffen. Jede Thätigkeit aber erstirbt in ihrem Produkte, denn sie gieng nur auf dieses Produkt. Die Natur als Produkt kennen wir also nicht, wir kennen die Natur nur als thätig — denn philosophiren läßt sich über keinen Gegenstand, der nicht in Thätigkeit zu versetzen ist. Philosophiren über die Natur heißt, sie aus dem todten Mechanismus, worin sie befangen erscheint, herausheben, sie mit Freyheit gleichsam beleben, und in eigene freye Entwickelung versetzen.

II. Wie muß die ganze Natur erscheinen, wenn sie absolut thätig ist? Zur Beantwortung dieser Frage nimmt Schelling folgenden Satz aus der Transcendentalphilosophie an:

Abso-

Absolute Thätigkeit ist nicht durch ein endliches, sondern nur durch ein unendliches Produkt darstellbar.

Das empirisch-Unendliche ist nur die äußere Anschauung einer absoluten (intellectuellen) Unendlichkeit, deren Anschauung ursprünglich in uns ist, die aber nie zum Bewußtseyn kommt, ohne äußere empirische Darstellung: der Beweis davon ist, daß diese Anschauung gerade dann eintritt, wenn die empirisch-unendliche Reihe vor der Einbildungskraft vernichtet wird. Wenn nämlich nur das Endliche äußerlich angeschaut werden kann, so kann das Unendliche in der äußern Anschauung gar nicht dargestellt werden, als durch eine Endlichkeit, die nie vollendet d. h. selbst unendlich ist, mit andern Worten, durch das unendlich Werdende, wo dann die Anschauung des Unendlichen in keinem einzelnen Moment liegt, sondern nur in einem endlichen Progressus erzeugt werden soll, — in einem Progressus, den aber keine Einbildungskraft aushält, daher dann die Vernunft sich bestimmt, die Reihe entweder zu vernichten, oder, was der Mathematiker thut, wenn er eine Größe als unendlich groß oder klein annimmt, eine idealische Grenze der Reihe anzunehmen, die aber so weit hinausgerückt wird, daß man im praktischen Gebrauch niemals über sie hinaus zu gehen genöthigt werden kann. Die ursprünglich unendliche Reihe entsteht aber nicht durch Zusammensetzung, sondern durch Evolution, durch Evolution einer in ihrem Anfangspunkt schon unendlichen Größe, die durch die ganze Reihe hindurch fließt; in dieser Einen Größe ist ursprünglich die ganze Unendlichkeit concentrirt, die Successionen in der Reihe bezeichnen nur gleichsam die einzelnen Hemmungen, welche der Ausbreitung jener Größe in eine un-

endliche Reihe (einen unendlichen Raum), die sonst mit unendlicher Geschwindigkeit geschehen und keine reale Anschauung verstatten würde, continuirlich Schranken setzen.

Der eigentliche Begriff also für eine empirische Unendlichkeit ist der Begriff einer Thätigkeit, die ins Unendliche fort gehemmt ist.

Aus alle diesem zieht **Schelling** folgende Sätze:

1. Ist die Natur absolute Thätigkeit, so muß diese Thätigkeit als ins Unendliche gehemmt erscheinen. Der ursprüngliche Grund dieser Hemmung aber muß, da die Natur schlechthin thätig ist, doch nur wieder in ihr selbst gesucht werden.

2. Die Natur existirt als Produkt nirgends; alle einzelne Produkte in der Natur sind nur Scheinprodukte, nicht das absolute Produkt, in welchem die absolute Thätigkeit sich erschöpft, und das immer wird und nie ist.

Dem ersten Satze zu Folge muß in der Natur eine ursprüngliche Dualität schlechthin vorausgesetzt werden. Denn weiter ableiten läßt sie sich nicht, weil sie die Bedingung ist, unter welcher allein ein Unendliches überhaupt endlich darstellbar, d. h. unter welcher überhaupt eine Natur möglich ist. Durch diesen ursprünglichen Gegensatz in ihr selbst wird nun die Natur eigentlich erst in sich selbst ganz und beschlossen. Da sie sich selbst ihre Sphäre giebt, so kann keine fremde Macht in sie eingreifen; alle ihre Gesetze sind immanent, oder: die Natur ist ihre eigene Gesetzgeberin. Was in der Natur geschieht, muß sich auch aus den thätigen und bewegenden Principien

cipien erklären lassen, die in ihr selbst liegen, oder: die Natur ist sich selbst genug. Beydes läßt sich in den Satz zusammenfassen: die Natur hat unbedingte Realität; welcher Satz eben das Princip einer Naturphilosophie ist.

Die absolute Naturthätigkeit soll als ins Unendliche gehemmt erscheinen. Diese Hemmung der allgemeinen Naturthätigkeit läßt sich nun allerdings als das Werk entgegengesetzter Tendenzen in der Natur vorstellen. Allein so bald man unternimmt, aus diesen entgegengesetzten Tendenzen die Construction eines endlichen Produkts zu Stande zu bringen, begegnet man einer unauflößlichen Schwierigkeit. Denn man setze, daß beyde an einem und demselben Punkte zusammentreffen, so werden sich ihre Wirkungen wechselseitig gegen einander aufheben, und das Produkt wird = 0 seyn. Eben deßwegen muß aber behauptet werden, daß kein Produkt in der Natur das Produkt seyn kann, worin jene entgegengesetzte Tendenzen absolut zusammentreffen, d. i. in welchem die Natur selbst zur Ruhe gelangte. Man muß mit einem Worte alle Permanenz in der Natur selbst schlechthin läugnen. Man muß behaupten, daß alles Beharren nur in der Natur als Objekt statt hat, während die Thätigkeit der Natur, als Subjekt, unaufhaltsam fortgeht, und während sie selbst aller Permanenz continuirlich entgegen arbeitet. Das Hauptproblem der Naturphilosophie ist nicht, das Thätige in der Natur, sondern das Ruhende, Permanente zu erklären. Zu dieser Erklärung aber gelangt sie eben durch jene Voraussetzung, daß das Permanente für die Natur eine Schranke ihrer eigenen Thätigkeit sey. Denn, wenn dieß ist, so wird die rastlose Natur ge-

gen jede Schranke ankämpfen; dadurch werden die Hemmungspunkte ihrer Thätigkeit in der Natur, als Objekt, Permanenz erhalten. Die Hemmungspunkte werden für den Philosophen durch Produkte bezeichnet seyn; jedes Produkt dieser Art wird eine bestimmte Sphäre vorstellen, welche die Natur immer neu erfüllt, und in welche sich unaufhörlich der Strom ihrer Kraft ergießt.

Ein jedes endliche Produkt muß offenbar nur ein scheinbares Produkt seyn, wenn in ihm selbst wieder die Unendlichkeit liegt, d. h. wenn es selbst wieder einer unendlichen Entwickelung fähig ist, denn wenn es zu dieser Entwickelung käme, so würde es überhaupt kein permanentes Daseyn haben; jedes Produkt, das jetzt in der Natur fixirt erscheint, würde nur einen Moment existiren, und in continuirlicher Evolution begriffen, stets wandelbar, nur erscheinend vorüberschwinden. Wie also die Natur als schlechthin thätig angesehen werden könne, reducirt sich auf folgenden Satz:

> Die Natur ist schlechthin thätig, wenn in jedem ihrer Produkte der Trieb einer unendlichen Entwickelung liegt.

Die Fähigkeit zur unendlichen Entwickelung eines Produkts kann in ihm nicht statt finden, ohne unendliche Mannichfaltigkeit ursprünglich in ihm vereinigter Tendenzen.

Die ursprünglichen Hemmungspunkte der allgemeinen Naturthätigkeit sind in den ursprünglichen Qualitäten zu suchen. Denn in der Naturphilosophie müssen den Construktionen a priori entsprechende äußere Anschauungen beygesellet werden. Nun kann eine

ne absolute Thätigkeit empirisch nur unter unendlichen Negationen erscheinen. Es müssen also in der Natur unendliche Negationen einer und derselben ursprünglichen Thätigkeit durch Analysis gefunden werden. In diesen Negationen müßte ein Unbedingtes sich offenbaren. Nun ist aber von dem Unbedingten keine positive äußere Anschauung möglich. Es müßte also wenigstens eine negative Darstellung desselben in der äußern Erfahrung versucht werden. Das Unbedingte war nun das, was, obgleich Princip alles Seyns, doch selbst nie ist. Alles äußere Seyn aber ist ein Seyn im Raume. Es müßte also in der Erfahrung etwas vorkommen, das, obgleich selbst nicht im Raume, doch Princip aller Erfahrung wäre.

1. Es soll selbst nicht im Raume seyn. — Was im Raume ist, darauf kann auch durch physische Kraft gewirkt werden, es ist mechanisch oder chemisch zerstörbar. Ein Princip also, das nicht selbst im Raume ist, müßte schlechterdings weder mechanisch noch chemisch überwältigt werden können. Es findet sich aber in der Erfahrung nichts der Art vor, außer den ursprünglichen Elementen (Principien) aller Qualität.

2. Es soll Princip aller Raumerfüllung seyn. — Es müßte demnach dasjenige seyn, das, wenn auch die mechanische Theilung der Materie ins Unendliche geht, doch jeden noch so kleinen Theil der Materie für weitere Theilung erhält, kurz dasjenige, was die unendliche Theilbarkeit der Materie möglich macht. Wäre nun die unendliche Theilbarkeit der Materie unmöglich, so müßte man beym Theilen irgend einer Materie endlich auf einen Theil kommen, den man nicht mehr für einen Theil der Materie, d. h. nicht mehr

mehr als homogen mit derselben erkennen könnte. Da also die Theilbarkeit der Materie ins Unendliche geht, so muß jede Materie, so weit sie auch getheilt wird, ins Unendliche homogen bleiben. Die Homogeneität ins Unendliche erkennt man aber allein an der Permanenz der Qualitäten, also ist die Permanenz der Qualitäten Bedingung der Möglichkeit der mechanischen Theilung ins Unendliche, sonach auch die Principien der Qualitäten Principien der Raumerfüllung selbst.

Die ursprünglichen Qualitäten sind also die ursprünglichen negativen Darstellungen des Unbedingten in der Natur. Da nun das Unbedingte überall = absoluter Thätigkeit ist, absolute Thätigkeit aber empirisch nur als eine ins Unendliche gehemmte Thätigkeit erscheinen kann, so sind die ursprünglichen Hemmungspunkte der allgemeinen Naturthätigkeit durch die ursprünglichen Qualitäten für uns bestimmt.

Hieraus folgert Schelling folgende Sätze:

1. Die Theilbarkeit der Materie muß in einer Rücksicht endlich seyn, eben deßwegen, weil sie in der andern unendlich ist. Der Atomistiker versehe es nur darin, daß er mechanische Atomen, d. h. die Endlichkeit der mechanischen Theilbarkeit behaupte. Denn in jedem materiellen Raume müsse, wie in dem mathematischen, kein Theil der absolut kleinste seyn; was im Raum ist, ist im Raum nur vermittelst einer continuirlich-thätigen Raumerfüllung; in jedem Theil des Raums ist also bewegende Kraft, sonach auch Beweglichkeit, daher Trennbarkeit jedes noch so kleinen Theils der Materie von allen übrigen ins Unendliche. Die ursprünglichen Actionen aber sind nicht selbst im Raume, sie können nicht als Theile der Materie angese-

gesehen werden. Schelling's Behauptung kann also Princip der dynamischen Atomistik heißen. Denn jede ursprüngliche Action ist für ihn eben so, wie der Atom für den Corpuscularphilosophen, wahrhaft individuell; jede ist in sich selbst und ganz beschlossen, und stellt gleichsam eine Naturmonade vor.

2. Jede Qualität ist eine Action vom bestimmten Grad, für die es kein anderes Maas giebt, als ihr Produkt.

a. Sie ist Action überhaupt, also nicht selbst Materie; denn wäre sie selbst Materie, so müßte sie auch im Raume selbst darstellbar seyn. Im Raume aber ist nur ihre Wirkung darstellbar, sie selbst ist eher als der Raum. Sie ist eben so wenig etwas bloß der ursprünglichen Materie Inhärirendes, wie die Figur; noch auch etwas, das aus der Zusammenwirkung der Atomen resultirt.

b. Sie ist Action, für die man kein Maas hat, als ihr Produkt selbst. Dadurch soll so viel gesagt werden: die Action selbst, abstrahirt von ihrem Produkte, ist nichts. Denn sie ist ja nichts anders, als das Produkt selbst, aus einem höhern Standpunkte angesehen. Man kann also nicht erwarten, in das Innere jener Action selbst hineinzuschauen, und die Größe der Action etwa durch mathematische Formeln bestimmen zu können. Die Naturphilosophie hat weiter nichts zu thun, als daß sie das unbedingt empirische in diesen Actionen anerkennt. Denn der Empirismus zur Unbedingtheit erweitert ist ja Naturphilosophie.

In allen einzelnen Actionen aber ist eine und dieselbe Naturthätigkeit gehemmt. Dieß ist nicht

denk-

denkbar, ohne daß diese Actionen Einem und demselben, gemeinschaftlich darzustellenden, Produkt entgegenstreben; denn auf ein absolutes Produkt geht alle Naturthätigkeit. Dazu wird erfordert, daß verschiedene Actionen in einem und demselben gemeinschaftlichen Produkte sich combiniren können, kurz, daß es zusammengesetzte Actionen gebe. Combiniren aber können sie sich nicht, ohne wechselseitige Receptivität für einander zu haben. Eine Action muß in die andere eingreifen können. Je für zwey verschiedene Actionen muß es einen gemeinschaftlichen Punkt geben, in welchem sie sich vereinigen. Es kommt also hier auf diese Aufgabe an:

Da eine unendliche Mannichfaltigkeit von Actionen zusammen ein absolutes Produkt darstellen soll, den Punkt zu finden, in welchem diese unendliche Mannichfaltigkeit verschiedener Actionen in der Natur sich vereinigen könne. Es muß aber hier die Einschränkung statt finden, daß die Individualität keiner Action dabey zu Grunde gehe. Denn sonst wäre die Mannichfaltigkeit vernichtet. Die Auflösung dieses Problems giebt Schelling also:

Je zwo Actionen schränken sich durch Wechselwirkung wechselseitig ein auf den gemeinschaftlichen Effekt. Das Streben aller ursprünglichen Tendenzen geht nun überhaupt

a. auf Erfüllung des Raums; ihr Eingreifen in einander ist also Streben nach Erfüllung eines gemeinschaftlichen Raums, so daß in jedem noch so kleinen Theil einer gegebenen Materie noch alle Tendenzen anzutreffen wären. Durch dieses Streben nach Erfüllung eines gemeinschaftlichen Raums müßte ein solcher wirklich continuirlich neu erfüllt werden. — Daher

Ruhe

Ruhe nicht absolute Negation der Bewegung, sondern vielmehr gleichförmige Tendenz zur Raumerfüllung, und das Beharren der Materie selbst = einem beständigen Reproducirtwerden. — Ferner der erfüllte Raum ist nur das Phänomen eines Strebens, dessen Princip selbst nicht im Raume ist, der Raum wird also gleichsam von innen heraus erfüllt. Jenes Streben nach Erfüllung eines gemeinschaftlichen Raums würde sich in der Erfahrung durch Widerstand gegen Aufhebung der gemeinschaftlichen Raumerfüllung ankündigen, dieß würde das Phänomen von Zusammenhang — Cohäsion — geben. Die Kraft, mit der jener Aufhebung widerstanden würde, hieße die Cohäsionskraft. Es kann also diese keine einfache Kraft, wie die allgemeine Anziehungskraft, seyn.

b. Ferner, jede Tendenz ist eine völlig individuelle und bestimmte, d. h. ein Streben, den Raum auf bestimmte Art zu erfüllen. Dieß würde sich durch Bestimmtheit der Figur verrathen. In der Natur ist eine continuirliche Bestimmtheit der Figur. Daher auch Schelling dem Atomistiker darin Recht giebt, daß er den Elementen ursprüngliche Figur beylegt; nur behauptet er, daß es bey den ursprünglichen Actionen nie zur Produktion dieser ursprünglichen Figuren kommt, noch kommen kann, daß also jene ursprüngliche Gestalten in der Natur nirgends existiren, weil keine einfache Action in der Natur anzutreffen ist.

Nun soll aber jede Action durch die Unendlichkeit aller übrigen eingeschränkt seyn, alle zusammen also werden wechselseitig in ihren Produktionen sich stören, keine wird es bey der andern zur Produktion

der ursprünglichen Figur kommen lassen, d. h. sie werden sich wechselseitig auf Gestaltlosigkeit reduciren.

Das Gestaltlose = dem Flüssigen. Das Flüssige ist nicht das absolut Formlose, sondern das jeder Gestalt Empfängliche, eben deßwegen Gestaltlose. Das Flüssige überhaupt muß definirt werden, als eine Masse, worin kein Theil vom andern durch Figur sich unterscheidet.

Die ursprünglichste und absoluteste Combination entgegengesetzter Actionen in der Natur muß sonach die ursprünglichste Flüssigkeit hervorbringen, die, weil jene Combination beständig vor sich geht, als ein allgemein verbreitetes Wesen sich darstellen wird, das der Nichtflüssigkeit (Starrheit) schlechthin entgegenwirkt, und continuirlich bestrebt ist, alles in der Natur zu fluidisiren.

Dieses Princip wird Wärmeprincip genannt, das sonach keine einfache Substanz, überhaupt keine Materie, sondern immer nur Phänomen der beständig verminderten Capacität (der ursprünglichen Actionen für einander) und daher in der Natur Beweis des beständig fortdauernden Organisationsprozesses ist.

Wäre nun die Natur nichts, was dem fluidisirenden Princip das Gegengewicht hielte, so würde sich die ganze Natur in eine allgemeine Continuität auflösen. Dieser Verallgemeinerung aber widerstrebt die Individualität der ursprünglichen Actionen. Auch soll in dem absoluten Produkte zugleich mit der vollkommensten Combination die allgemeine Individualität aller Actionen erhalten werden.

Da nun in der Natur alles — oder vielmehr, da eben jenes absolute Produkt — continuirlich im Wer-

Werden begriffen ist, so wird es in demselben weder zur absoluten Flüssigkeit, noch zur absoluten Nichtflüssigkeit kommen können. Dieß wird das Schauspiel eines Kampfes zwischen der Form und dem formlosen geben. Jenes immer werdende Produkt wird continuirlich auf dem Sprunge vom Flüssigen ins Feste, und umgekehrt auf dem Rückgange vom Festen ins Flüssige begriffen seyn.

Es wird, da jener Kampf endlos ist, alle innerhalb der Sphäre, die es begreift, mögliche Gestalten durchlaufen, und in alle sich verwandeln.

Es wird allmählig alle Qualitäten, so unendlich mannichfaltig sie seyn mögen, assimilirend in seinen Kreis ziehen, und gleichsam durch unendlich viele Versuche hindurch die Proportion suchen, in welcher jene allgemeine Vereinigung aller individuellen Actionen der Natur in einem gemeinschaftlichen Produkte erreichbar ist. Durch diesen Trieb aber, alles Individuelle in der Natur in sich zu vereinigen, wird auch zum voraus ein gewisser Kreis möglicher Gestalten für dasselbe bestimmt seyn. Man wird daher versucht werden, zu glauben, daß bey allen verschiedenen Gestaltungen, welche es durchwandelt, der schöpferischen, in ihr wirksamen, Natur ein gemeinschaftliches Ideal vorgeschwebt habe, dem das Produkt allmählig sich annähert; die verschiedenen Formen selbst, in die es sich begiebt, werden nur als verschiedene Stufen der Entwickelung einer und derselben absoluten Organisation erscheinen.

1. Die ganze Natur soll einem immer werdenden Produkte gleich seyn. Die gesammte Natur also muß in beständiger Bildung begriffen seyn, und alles muß in jenen allgemeinen Bildungsprozeß eingreifen.

Alles, was in der Natur ist, muß angesehen werden als ein Gewordenes. Keine Materie der Natur ist primitiv, denn es existirt eine unendliche Mannichfaltigkeit ursprünglicher Actionen. Diese Actionen zusammen sollen nur ein absolutes Produkt darstellen. Die Natur also muß sie combiniren. Es muß daher ein allgemeiner Zwang zur Combination durch die ganze Natur statt finden, denn man sieht nicht ein, wie und warum er Schranken haben sollte, er ist unbedingt. In jeder Materie also ist Combination, keine Materie also primitiv.

Da aber jede Materie sich von der andern unterscheidet, so ist jede Materie Produkt einer besondern Naturoperation. Diese verschiedenen Naturoperationen müssen a priori abgeleitet werden, um die Möglichkeit einer specifischen Verschiedenheit der Materie einzusehen.

2. Keine Materie der Natur ist einfach. Denn da ein allgemeiner Zwang zur Combination der Elementar-Actionen in der Natur herrscht, so kann keine Action für sich eine Form oder Gestalt produciren, jede Materie ist durch Combination entstanden. Aus der Erfahrung läßt sich dagegen nichts aufbringen, denn daß es indecomponible Materien giebt, wird selbst als nothwendig folgen.

3. Alle Verschiedenheit der Naturprodukte kann nur von der verschiedenen Proportion der Actionen herrühren. Alle Mannichfaltigkeit der Natur ist allein in den Elementar-Actionen zu suchen, die Materie ist überall Eine, nur die Proportionen der ursprünglichen Combination sind verschieden. Da der Zwang zur Combination durch die ganze Natur statt findet, so muß in jedem Produkt die ganze Natur

ursprüng-

ursprünglich sich durchdringen. In jeder Materie sind alle ursprüngliche Actionen ursprünglich enthalten. Aber nur zum Absolutflüssigen können alle ursprüngliche Actionen, ihrer Individualität unbeschadet, sich vereinigen. Das Absolutflüssige aber kann kein Daseyn anders als durch Decomposition offenbaren. Indecomponirt ist es für die Empfindung = o, denn in ihm heben alle Actionen sich wechselseitig auf, so, daß keine die andere bis zu irgend einem sensibeln Effekt kommen läßt. Aber das Absolutflüssige ist seiner Natur nach das decomponibelste, denn es ist in ihm das vollkommenste Gleichgewicht der Actionen, das sonach durch die leiseste Veränderung gestört wird.

Als das ursprüngliche Phänomen der absoluten Flüssigkeit ist die Feuer- oder Wärmematerie bekannt. Diese scheint zu entstehen oder zu verschwinden, wo eine bloß quantitative Verminderung oder Vermehrung der Capacität vorgeht, und man hat bey ihr noch keine Dualität oder Decomposition in entgegengesetzte Actionen, wie z. B. bey der Elektricität, wahrnehmen können. Dieß eben ist der Beweis, daß in dieser ursprünglichen aller Flüssigkeiten die vollkommenste Combination noch ungestört erscheint.

Dagegen bringt auch die leiseste Berührung heterogener Körper Phänomene von Elektricität hervor, und da Wärme sowohl als Elektricität durch Reibung erregt wird, so scheint es, daß bey jedem Zusammenstoßen verschiedener Körper die absolute Flüssigkeit, die sie alle durchdringt — beydes, mechanisch aus dem Gleichgewicht, und dynamisch aus ihrer ursprünglichen Combination gesetzt werde. Jenes giebt das Phänomen der frey werdenden Wärme, dieses das Phänomen der Elektricität. Es komme auch wirklich

beynahe kein chemischer Prozeß vor, bey welchem Wärme entstehe oder verschwinde, welcher nicht auch Spuren erregter Elektricität zeigte.

4. Keine Materie kann den Zustand der absoluten Flüssigkeit verlassen, ohne daß irgend eine Action das Uebergewicht erlange. Es kann aber keine Action das Uebergewicht erlangen, ohne daß eine andere dagegen unterdrückt, oder völlig ausgelöscht werde. Je größer daher der Zustand der Starrheit, desto scheinbar einfacher die Substanz. Aber keine Substanz ist einfach. Jede scheinbar einfache, d. h. indecomponible Substanz ist das Residuum des allgemeinen Bildungsprozesses, und obgleich wir der Mittel entbehren, ihre Elemente wieder in wechselseitige Unabhängigkeit, und die in ihnen unterdrückten Actionen in Freyheit zu setzen, so könnte doch die Natur Mittel haben, es zu bewerkstelligen, und so diese todten Materien aufs neue in den allgemeinen Organisationsproceß aufzunehmen. Indeß sey es a priori beweislich, daß es in der Natur indecomponible Substanzen geben müsse; denn der allgemeine Bildungsprozeß der Natur ist nur in so fern unendlich, als er continuirlich in sich selbst zurückläuft. Es muß also allerdings in diesem Prozeß zu letzten Produkten kommen, welche die Natur in der ursprünglichen Richtung nicht weiter ausbilden kann, mit denen sie daher genöthigt ist, den umgekehrten Weg einzuschlagen, und sie in der entgegengesetzten Richtung zu bearbeiten.

Daher ist es wahrscheinlich, daß im Großen derselbe Gegensatz in der Natur statt findet, der im Kleinen bemerklich ist, nämlich daß die Natur von der einen Seite das indecomponible durch Composition,

tion, und das Indecomponible durch Decomposition bildsam macht. Es ist möglich, daß z. B. auf den Sonnen im Ganzen der umgekehrte Prozeß von dem, welcher auf den Planeten statt findet, im Gange ist.

6. Für jetzt sind zweyerley Klassen von Naturprodukten bekannt, deren eine die absolut incomponiblen, die andere die absolut indecomponiblen Substanzen in sich begreift. Aber die Natur kann weder diese noch jene dulden; denn überhaupt duldet die Natur kein letztes Produkt, nichts Permanentes, auf immer Fixirtes. Die Richtung aller Naturthätigkeit wird also auf mittlere Produkte, auf Materien, die absolut componibel und absolut decomponibel zugleich sind, gehen, und in der Natur werden permanente Prozesse erscheinen, durch welche das Incomponible beständig decomponirt, und das Indecomponible beständig componirt wird. Diese Prozesse, weil sie permanent sind, weil also auch ihre Bedingungen beständig existiren, werden den Schein von Produkten haben.

7. Diese Produkte sollen nun zwischen beyden Extremen, dem absolut decomponibeln und dem absolut indecomponibeln, in der Mitte liegen.

Um absolut decomponibel zu seyn, müßte ein solches Produkt dem absolut Flüssigen sich annähern, d. h. alle Elementaractionen in der vollkommensten Combination in sich vereinigen. Um absolut componibel zu seyn, müßten die Actionen in ihm beständig aus ihrer Combination gesetzt werden, es müßte ein beständig gestörtes Gleichgewicht der Actionen statt finden d. h. es müßte sich dem Festen annähern. Aber es soll zu keinem von beyden kommen.

Es müßte demnach in diesem Produkt zugleich die größte Freyheit, und die größte Bindung der Ac-

tionen von einander statt finden. Dabey wird zuerst jede Action die andere hindern, ihre ursprüngliche Figur zu produciren. Allein es sind verschiedene Grade der Intensität jeder Action möglich. Jede Action wird also auf jeder Stufe eine andere Action seyn. Allein auf jeder Stufe findet sie auch ihren Antagonisten. Es wird also das Produkt überhaupt gleich seyn einer Reihe, in welcher positive und negative Größen beständig sich succediren. Innerhalb dieser Reihe aber kann das Produkt nicht gehemmt werden, denn es wäre entweder $= 1 - 1 + 1 - 1$, d. h. $= 0$, oder es müßte irgend eine positive Action das Uebergewicht erlangen. Keines von beyden soll geschehen. Das Produkt kann also überhaupt nicht gehemmt werden, es muß immer nur im Werden begriffen seyn.

Indem die Actionen decombinirt werden, wird jede, sich selbst überlassen, produciren, was sie ihrer Natur nach produciren muß. In so fern wird in jenem Produkt ein beständiger Trieb zur freyen Gestaltung seyn. Indem die Actionen continuirlich neu combinirt werden, wird keine in Ansehung ihrer Produktionen frey bleiben. Es wird also Zwang und Freyheit zugleich in dem Produkte seyn.

Da beständig Actionen in Freyheit gesetzt und wieder gebunden werden, und da unendlich verschiedene Combinationen, und in jeder Combination wieder eine Menge verschiedener Proportionen möglich sind, so wird in diesem Produkt continuirlich neue und eigenthümliche Materie ursprünglich erzeugt werden, von der es zwar möglich ist, durch chemische Kunst die Elemente derselben, nicht aber die Combination

nation selbst, d. h. die Proportion der Combination zu finden.

Da jede Action höchst individuell ist, und da jede sich bestrebt zu produciren, was sie ihrer Natur nach produciren muß, so wird dieß das Schauspiel eines Streits geben, in welchem keine Kraft siegt, oder ganz unterliegt. Keine einzelne Potenz würde für sich das Ganze hervorbringen, wohl aber alle zusammen. Das Produkt liegt nicht im einzelnen, sondern es liegt in allen zusammen, denn es ist ja selbst nichts anders, als das äußere Phänomen oder der sichtbare Ausdruck jener beständig unterhaltenen Combination und Decombination der Elemente.

Das Produkt, da es ein gemeinschaftliches ist aus vielen verschiedenen zusammenwirkenden Thätigkeiten, hat den Schein des Zufälligen, und ist doch, da bey dieser bestimmten ursprünglichen Intensität jeder individuellen Action, und bey dieser bestimmten Proportion ihrer Vereinigung, nur ein solches hervorkommen kann, blindes Naturprodukt. Es ist also in ihm Zufälliges und Nothwendiges ursprünglich vereinigt.

Es ist aber der Tendenz zur freyen Entwickelung des Produkts gleichsam eine Sphäre vorgeschrieben, über deren Grenzen sie nie schreiten kann, und in welche sie beständig zurückkehrt. Diese Sphäre wird selbst wieder unendlich seyn. Denn da es überhaupt nicht zum Produkt kommen kann, ohne daß die Actionen sich in wechselseitigen Zwang erhalten, jede einzelne Action aber diesem Zwange widerstrebt, so wird erst durch unendlich viele Versuche hindurch diejenige Proportion gefunden werden, in welcher ne-

ben der größten Freyheit der Actionen zugleich die vollkommene wechselseitige Bildung möglich ist.

Für die Proportion der Actionen überhaupt aber haben wir keinen andern Ausdruck als die producirte Gestalt. Wenn nun das Produkt alle mögliche Gestaltungen vermittelst steter Uebergänge producirte, und von Proportion in Proportion durch unmerkliche Abstufungen übergienge; so würde ein beständiges Verfließen der Form oder Gestalt in die andere, eben deßwegen aber nichts Entschiedenes, Fixirtes, nicht einmal Etwas, das scheinbares Produkt wäre, in der Natur vorkommen.

Nun soll aber jene unendliche Naturthätigkeit, die in allen einzelnen Actionen sich regt, empirisch sich darstellen. Es ist also nothwendig, daß jenes unendliche Produkt auf jeder Stufe des Werdens fixirt werde.

Das Produkt aber ist nichts anders, als die auf bestimmte Art wirksame Natur selbst, das Hemmen des Produkts also zugleich ein Hemmen der Natur selbst, die Natur aber ist nur thätig, ohne daß dieses Gehemmtwerden in anderer Rücksicht selbst wieder = Thätigkeit sey.

Nun kommt es darauf an, anzugeben, wie die Natur ihr Produkt auf einzelnen Entwickelungsstufen hemmen könne, ohne daß sie selbst aufhöre, thätig zu seyn.

Herr Schelling lößt dieses Räthsel so:

1. Die Entwickelung des absoluten Produkts, in welchem die Naturthätigkeit sich selbst erschöpfen würde, ist nichts anders, als eine Bildung ins unend-

endliche. Bildung aber ist nichts anders als Gestaltung. Die verschiedenen Stufen der Entwickelung sind also nichts anders, als verschiedene Stufen der Bildung oder der Gestaltung. Jedes einzelne Naturprodukt durchläuft bis zu dem Punkt, bey welchem es gehemmt wird, alle mögliche Gestaltungen, nur daß es zur wirklichen Produktion bey keiner derselben kommt. Jede Gestaltung aber ist selbst nur das Phänomen einer bestimmten Proportion, welche die Natur zwischen entgegengesetzten, wechselseitig sich einschränkenden Actionen erreicht. So vielerley Proportionen dieser Actionen möglich sind, so vielerley verschiedene Gestaltungen und so vielerley Entwickelungsstufen.

Jede Stufe der Entwickelung hat also einen eigenthümlichen Charakter. Auf jeder Stufe der Entwickelung ist die bildende Natur auf eine bestimmte Gestalt eingeschränkt, in Ansehung dieser Gestalt ist sie völlig gebunden, in der Produktion dieser Gestalt wird sie gar keine Freyheit zeigen.

2. Der Natur ist aber das Individuelle zuwider, sie verlangt nach dem Absoluten, und ist continuirlich bestrebt, es darzustellen. Sie sucht die allgemeinste Proportion, in welcher alle Actionen, ihrer Individualität unbeschadet, vereinigt werden können. Die individuellen Produkte also, bey welchen ihre Thätigkeit stille steht, könnten nur als mißlungene Versuche, eine solche Proportion zu erreichen, angesehen werden.

Ob nun aber in der Natur sich etwas vorfinde, das uns zu einer solchen Annahme berechtigt, sucht Schelling auf folgende Art darzuthun:

A. Hät-

A. Hätte die Natur die wahre Proportion für die Vereinigung einer Mannichfaltigkeit von Actionen gefunden oder getroffen, so müßte sie diese Actionen in einem gemeinschaftlichen Produkte darstellen können. Der Beweis also, daß sie eine solche Proportion nicht getroffen, wäre, wenn in dem Produkte, sobald es auf einer gewissen Stufe der Bildung angekommen ist, eine Entzweyung der Actionen vorgienge, oder da die gemeinschaftliche Thätigkeit der Actionen als Bildungstrieb sich offenbart, wenn auf einer gewissen Stufe der Bildung der im Produkte rege Bildungstrieb in entgegengesetzte Tendenzen sich trennte, so daß die Natur genöthigt wäre, ihr Produkt nach entgegengesetzten Richtungen auszubilden.

B. Es muß bewiesen werden, daß die Trennung in verschiedene Geschlechter eben die Trennung sey, welche als der Grund der Hemmung in den Produktionen der Natur angegeben ist, d. h. es muß gezeigt werden, daß die Natur durch diese Trennung wirklich in ihren Produktionen gehemmt werde, ohne daß sie deßwegen aufhört thätig zu seyn.

1. Vom Augenblicke der Entzweyung an wird das Produkt den Charakter der Entwickelungsstufe, auf welcher es stand, nicht mehr vollständig ausdrükken. Es wird also kein vollendetes Produkt, kein Produkt seyn, auf welches zu wirken die Natur aufhören würde, obgleich allerdings seine weitere Entwickelung durch jene Trennung gestört und also auf dieser Stufe gehemmt ist. Welche Thätigkeit wird aber die Natur in diesem Produkte ausüben?

Vorerst wenn einmal das Produkt in entgegengesetzte Richtungen sich trennt, oder in eine einseitige Richtung ausschlägt, wird die Natur, die nie aufhören

hören kann, thätig zu seyn, entweder nach beyden, oder nach einer dieser Richtungen hin, die Bildung des Produkts bis aufs äußerste verfolgen, so daß das Produkt nach jeder Richtung hin sich vom allgemeinen Charakter einer Entwickelungsstufe so weit als möglich entfernt. Mit andern Worten: die Natur wird die Individualisirung des Produkts nach beyden Richtungen aufs höchste treiben. Daher der höchste Moment der Naturthätigkeit in ihr.

2. Wäre die höchste Stufe der Individualität nach beyden Richtungen hin erreicht, so könnte die Organisation allerdings ferner nicht Objekt der Naturthätigkeit, wohl aber Mittel und Instrument seyn.

Ist jene höchste Stufe erreicht, so sind beyde Richtungen als entgegengesetzte anzusehen, sie verhalten sich zu einander, wie positive und negative Größen. Allein weder die eine noch die andere dieser Richtungen könnte das seyn, worin die Naturthätigkeit sich erschöpfte, denn dieser ist überhaupt das Individuelle zuwider.

Die entgegengesetzten Naturthätigkeiten, welche in dem Produkt nach entgegengesetzten Richtungen wirksam sind, werden immer unabhängiger von einander; je unabhängiger sie von einander werden, desto mehr wird das Gleichgewicht innerhalb der bestimmten Natursphäre, welche durch sie beschrieben wird, gestört. Sind sie auf dem höchsten Gipfel der wechselseitigen Unabhängigkeit angekommen, so ist auch der höchste Moment des gestörten Gleichgewichts erreicht.

Allein in der Natur ist der höchste Moment des gestörten Gleichgewichts mit dem der Wiederherstellung

lung des Gleichgewichtes einer und derselbe. Zwischen beyden verfließt keine Zeit. Jene entgegengesetzte Thätigkeiten also müssen nach einem nothwendigen und allgemeinen Naturgesetze sich combiniren. Das Produkt wird ein Gemeinschaftliches aus den beyden entgegengesetzten Richtungen seyn, die Natur wird so durch einen Kreislauf wieder zu dem Punkte zurückgekommen seyn, welchen sie verlassen hatte, das Produkt wird gleichsam selbst zurückgekehrt seyn, und den allgemeinen Charakter seiner Entwickelungsstufe wieder angenommen haben.

Von diesem Augenblicke an, da das Gemeinschaftliche gesichert ist, wird die Natur das Individuelle verlassen, wird aufhören, in ihm thätig zu seyn, oder vielmehr, sie wird anfangen, darauf entgegengesetzte Wirkung auszuüben; von nun an wird das Individuelle eine Schranke ihrer Thätigkeit seyn, welche sie zu zerstören arbeitet.

Das Individuum also muß Mittel, die Gattung Zweck der Natur scheinen — das Individuelle untergehen und die Gattung bleiben — wenn es wahr ist, daß die einzelnen Produkte in der Natur, als mißlungene Versuche, das Absolute darzustellen, angesehen werden müssen.

3. Das gemeinschaftliche Produkt wird wieder dieselben Entwickelungsstufen vom Flüssigen durchlaufen, bis zu derjenigen Stufe, auf welcher es abermals für Eine bestimmte Richtung sich entscheiden muß, oder in zwo entgegengesetzte Richtungen ausschlägt, von welchem Moment an die Natur ihre vorige Handlungsweise wieder annimmt.

Die Verschiedenheit der Geschlechter ist also der einzige Grund, warum organische Naturprodukte überhaupt

haupt fixirt erscheinen. Herr Schelling folgert hieraus diese Sätze:

1. Die Verschiedenheit der Organisationen reducirt sich zuletzt allein auf die Verschiedenheit der Stufen, auf welche sie in entgegengesetzte Geschlechter sich trennen.

Denn da die Organisationen überhaupt nur als eine auf verschiedenen Entwickelungsstufen gehemmte Organisation anzusehen sind, diese Hemmung aber allein durch jene Trennung bewirkt wird, so hängt alle Verschiedenheit der Organisationen von den verschiedenen Stufen ab, auf welchen jene Trennung folgt. Es wird also auch die Bildung jeder Organisation bis zu der Stufe, auf welcher jene Trennung bey ihr geschieht, mit der Bildung aller übrigen ganz gleichförmig geschehen, die individuelle Bildung jeder Organisation fängt erst mit der Ausbildung des Geschlechts an.

Auf welcher Stelle aber jene Trennung geschehe, kann allein von der Proportion der Actionen, welche in jeder Organisation ursprünglich getroffen ist, abhängen. Jede Organisation also drückt den Charakter einer gewissen Entwickelungsstufe nicht nur, sondern auch einer bestimmten Proportion der ursprünglichen Actionen aus. Aber sie drückt diesen Charakter nicht vollständig aus, weil sie auf jener Stufe nicht gehemmt werden konnte, ohne sich in entgegengesetzte Richtungen zu trennen. Das Gemeinschaftliche nun, das kein einzelnes Individuum ganz, aber doch alle zusammen ausdrücken, heißt Gattung. In organischen Produkten ist also nothwendig Gattung und Individuum.

2. Or-

2. Organisationen, welche auf derselben Entwickelungsstufe gehemmt sind, müssen auch in Ansetzung ihrer zeugenden Kräfte homogen seyn.

Wenn aber in der Natur etwas Individuelles zugegeben wird, so kann nach Schelling kein Leben der organischen Körper ohne Aussenwelt statt finden. Allein dieser äußere Einfluß ist selbst wieder bestimmt durch die organische Thätigkeit, daher wirkt keine äußere Thätigkeit im organischen Körper ihrer eigenthümlichen Natur gemäß chemisch, darum scheinen die chemischen Kräfte in Ansehung desselben aufgehoben. Aber keine Thätigkeit kann aufgehoben werden, als durch eine entgegengesetzte. Diese entgegengesetzte liegt im organischen Körper, als einem geschlossenen System. Denn gegen jede äußere Einwirkung veranstaltet das organische System in jedem Augenblicke einen Antagonismus, der jener das Gleichgewicht hält.

Ueberhaupt beruht das ganze Geheimniß auf den Gegensatz zwischen Innerm und Aeußerm. Denn nun wird gegen jede innere Thätigkeit, d. h. gegen jede Thätigkeit, die sich selbst zum Mittelpunkt constituirt, die äußere Natur ankämpfen. Durch diesen Antagonismus wird die innere Thätigkeit selbst zu produciren genöthigt werden, was sie ohne denselben nicht producirt hätte. Die organische Gestalt und Struktur z. B. wohin auch die Mannichfaltigkeit einzelner Organe gehört, deren jedes sich seine besondere Funktion nimmt, ist die einzige Form, unter welcher die innere Thätigkeit gegen die äußere sich behaupten kann. Die Bildung selbst ist also schon eine Wirkung jener allgemeinen organischen Eigenschaft der Reizbarkeit (der Erregbarkeit durch äußere Einflüsse). Umgekehrt

gekehrt auch wird das äußere durch organische Reaction zu einer höhern Wirkungsart gleichsam gesteigert, und so allein erhebt sich das Organische über das Todte.

Es besteht also das Individuelle nur durch Andrang einer äußern Natur. Aber Inneres und Aeußeres scheidet sich nur im Act der Entgegensetzung, es muß also zwischen dem Individuellen und seiner äußern Natur eine wechselseitige Entgegensetzung seyn, d. h. wenn jenes in Bezug auf diese organisch ist, muß diese in Bezug auf jenes anorgisch seyn. Also: keine organische Natur, keine anorgische; keine anorgische, keine organische.

Aber wenn so Organisches und Anorgisches nothwendig coexistirt, so können auch die Funktionen des Organismus nicht anders, als nur im Gegensatz gegen jenes Anorgische abgeleitet werden.

Aber umgekehrt auch, wenn die Funktionen des Organismus nur unter der Bedingung einer bestimmten Außenwelt möglich sind, muß die Organisation und ihre Außenwelt wieder gemeinschaftlichen Ursprungs, d. h. sie müssen wieder einem Produkte gleich seyn. Die Funktionen sind sich aber entgegengesetzt. Entgegengesetzte können sich jedoch nicht vereinigen, als nur in so fern sie einem dritten höhern wieder gemeinschaftlich entgegengesetzt sind. Aber in dem Act der Entgegensetzung scheidet sich Inneres vom Aeußern. Es müßte also die Organisation und ihre Außenwelt in Bezug auf ein anderes Aeußeres zusammen wieder ein Inneres, d. h. wieder ein Organisches seyn. Dieß wäre aber nur auf folgende Art vorstellbar. Das Organische setzt eine Außenwelt, und zwar eine Außenwelt voraus, die eine bestimmte, perma-

nente Thätigkeit gegen das Organische ausübt. Nun könnte ja aber diese Thätigkeit der Außenwelt selbst wieder eine erregte seyn; nur daß sie permanent ist, ist sogar nicht anders erklärbar, als durch ein beständiges Erregtwerden. Also setzte die anorgische Außenwelt wieder eine andere Außenwelt voraus, in Bezug auf welche sie ein Inneres wäre. Da nun die Thätigkeit des ursprünglich Organischen allein durch die entgegenstrebende Thätigkeit seiner Außenwelt erregt wird, diese selbst aber wiederum durch eine äußere Thätigkeit unterhalten wird, so wäre das ursprünglich Organische zusammt der Außenwelt, welcher es sich unmittelbar entgegensetzt, ein drittes, d. h. wieder gemeinschaftlich ein Inneres, in Bezug auf ein drittes Aeußeres.

Das ursprünglich Organische nun ist unmittelbar bedingt durch seine anorgische Außenwelt, dieses also treibt uns nicht weiter auf ein drittes. Es müßte sich demnach zeigen lassen, daß das Anorgische, als solches, seiner Natur nach nicht bestehen kann ohne ein Aeußeres, das auf ihn Einfluß hat, auch müßte die Art dieses Einflusses selbst bestimmt werden.

Wenn man nun von allem, was dem Organischen zugeschrieben worden, dem Anorgischen das Gegentheil beylegt, so erhält man folgende Bestimmungen.

Wenn in der organischen Natur nur die Gattung fixirt ist, so muß in der anorgischen gerade umgekehrt das Individuelle fixirt seyn. Aber das Individuelle ist selbst nur bestimmbar im Gegensatz gegen die Gattung, es wird also auch nichts wahrhaft Individuelles in ihr seyn können. Es wird keine Reproduktion der Gattung durch das Individuum statt finden.

finden. Die Extreme werden in ihr nicht wie in der organischen Natur sich berühren, sondern sich fliehen. Die Materie in ihr wird sich auf der einen Seite in das absolut Indecomponible, auf der andern in das absolut Incomponible verlieren. Aber es soll zwischen ihr und der organischen Natur eine unmittelbare Berührung möglich seyn. Es werden also in ihr gewisse Zwischenmaterien seyn, in welchen das Indecomponible mit dem Incomponiblen verbunden ist, aber diese Materien müssen ohne alle Gestaltung seyn, denn auf das Organische kann nur das Gestaltlose unmittelbar einfließen. Es wird also in ihr eine Mannichfaltigkeit von Materien seyn, aber zwischen diesen Materien wird ein bloßes Neben- und Außereinanderseyn statt finden. Kurz die anorgische Natur ist bloß Masse.

Aber diese Materien, ebendeßwegen, weil keine wechselseitige Verschmelzung zwischen ihnen möglich ist, müssen doch durch irgend eine äußere Ursache zusammengehalten werden; dieß wäre nicht möglich, als wenn etwa eine äußere Ursache in diesen Materien bis auf ihre kleinsten Theile herab eine wechselseitige Tendenz zur Intussusception unterhielte. Eine äußere Ursache müßte es seyn, weil in diesen Materien keine eigene Tendenz zur wechselseitigen Intussusception seyn kann.

Aber so wäre diese anorgische Masse in Bezug auf jenes Aeußere, das jene Tendenz unterhielte, selbst wieder ein Inneres, sonach ein Organisches d. h. ein Organisches, das immer organisirt wird, und nie organisirt ist.

Aber was in Bezug auf das Organische ein Aeußeres ist, ist ein Anorgisches. Also müßte jene

äußere Ursache selbst wieder anorgisch d. h. selbst wieder nur Masse seyn.

Aber damit sie Masse d. h. ein Neben- und Außereinanderseyn ohne wirkliche Verbindung seyn, bedarf es wiederum einer andern äußern Ursache, die durch ihren Einfluß in allen ihren Theilen die Tendenz zur wechselseitigen Combination unterhält, ohne daß es doch je zur Combination selbst käme, und so ins Unendliche fort.

Ins Unendliche fort soll also eine Masse so auf die andere influiren, daß ihre Theile alle eine gemeinschaftliche Tendenz gegen einander haben, diese Influenz muß sich also bis auf die kleinsten Theile der Materie erstrecken, oder ihre Intensität muß durchaus der Masse proportional seyn.

Aber jede Influenz ist auch nothwendig eine bestimmte in Ansehung ihrer Intensität, oder sie kann nur innerhalb eines bestimmten Raums mit einem gewissen Grad wirksam seyn, dieser Raum kann nun so groß oder so klein angenommen werden, als man will, nur daß es, wenn er immerfort erweitert würde, zu einer Ausdehnung kommen könnte, bey welcher der Grad der Wirkung jener Influenz ein evanescirender wäre.

Soll also Masse auf Masse mit einem gewissen Grade influiren, so muß auch das Raumverhältniß dieser Massen gegen einander bestimmt seyn, d. h. sie müssen in einer gewissen Nähe oder Ferne von einander erhalten werden.

Dieses Raumverhältniß nun zu erklären lassen sich zwey einander entgegengesetzte Systeme denken, nämlich

1. das bekannte atomistische, und

2. das dynamische von Kant aufgestellte System. Herr Schelling bemerkt, daß Kant in seiner Dynamik den Begriff der Materie lediglich analytisch behandelt und sich wohl enthalten habe, die Möglichkeit einer Construktion der Materie aus den beyden Grundkräften begreiflich zu machen: vielmehr scheine er diese, mehreren Aeußerungen nach, selbst für unmöglich zu halten.

Die Philosophie des Herrn Schelling geht aber gerade den entgegengesetzten Weg. Vom Produkt weiß sie ursprünglich nichts, es ist für sie gar nicht da. Ursprünglich weiß sie nur von dem rein Produktiven in der Natur. Nach Schelling's Meynung hat der Corpuscularphilosoph vor dem so genannten dynamischen Philosophen dadurch viel voraus, daß er durch seine Atomen, deren jeder eine ursprüngliche Figur hat, etwas ursprünglich Individuelles in die Natur bringt; nur daß diese Atomen, da sie selbst schon Produkt sind, als Erstes oder letztes in der Natur unmöglich eingeräumt werden können, daher die Naturphilosophie an ihre Stelle einfache Actionen d. h. das letzte in der Natur setzt, was rein produktiv ist, ohne Produkt zu seyn. Um nun zu erklären, wie die Produktion der Natur ursprünglich auf ein Bestimmtes gerichtet sey — wie also jede ursprüngliche Action auf bestimmte Art productiv sey, welches sich äußerlich durch Bestimmtheit der Figur offenbaren würde — muß in jener unendlich-produktiven Thätigkeit etwas Negatives angenommen werden, welches nun, wenn etwa alle produktive Thätigkeit der Natur nur unendliche Evolution aus einer ursprünglichen Involution wäre, dasjenige seyn

 müß-

müßte, was die Evolution der Natur hemmt, was sie hindert, bis zum letzten, das nicht mehr Produkt ist, zu kommen, kurz ein ursprünglich Retardirendes.

Dieses Retardirende nun — oder, daß die Natur überhaupt mit endlicher Geschwindigkeit sich evolvirt, und so überall bestimmte Produkte zeigt, zu erklären, wird freylich als die höchste Aufgabe der Naturphilosophie erscheinen.

Noch als eine andere Schwierigkeit gegen Kant's System führt Schelling dieß an, daß die Anziehungskraft, welche zur Construction jeder endlichen Materie gehört, dieselbe sey, welche noch außerhalb ihrer Sphäre ins Unendliche wirke. Denn, sollte man denken, da dieser Grad der Anziehungskraft verwandt wird, um die Repulsivkraft auf diesen bestimmten Theil des Raums einzuschränken, so werde sie sich an dieser Repulsivkraft erschöpfen, und nicht auf andere Materie außer ihrer Sphäre noch anziehende Wirkung ausüben.

Da nun beyde Systeme Herrn Schelling kein Genüge leisten, so setzt er nun sein System an deren Stelle:

Wenn nämlich überall das entgegengesetzte zum dritten wahren sich vereinigt, so muß es auch hier möglich seyn.

Ein materielles Princip, das durch Stoß die Gravitation bewirkte, wie sich die Atomistiker vorstellen, kann man sich nicht denken, weil man für ein solches Princip in der Naturwissenschaft keine Kategorie hat. Daß eine immaterielle Kraft die Erde z. B. gegen die Sonne ziehe, davon sey abermals kein verständlicher Begriff möglich. — Daß aber zuletzt in

der

der Natur etwas existire, wie Anziehungskraft, wolle er gar nicht läugnen; indessen behaupte er, jede Anziehung in der Erfahrung sey eine bestimmte und eine empirisch bestimmbare. —

Es könnte aber in dem Phänomen der Schwere allerdings etwas materielles empirisch, bestimmbares, seyn, wenn die Schwere der Erde z. B. gegen die Sonne bedingt wäre durch die wechselseitig specifische Beschaffenheit der Materien beyder Massen.

Es wäre aber zugleich etwas Immaterielles an diesem Phänomen, insofern man zur Erklärung desselben außer jener allgemeinen specifischen Beschaffenheit keines besondern schwermachenden Princips bedürfte, sondern alle Materien der Erde bloß vermöge einer ihnen gemeinschaftlichen, aber im Gegensatz gegen die Materien anderer Weltkörper specifischen Beschaffenheit gegen die Sonne gravitirten, obgleich vielleicht diese Beschaffenheit selbst nur durch eine materielle Influenz der Sonne unterhalten werde, welche Influenz aber dann nur mittelbar Ursache der Schwere wäre.

Es ist nun oben festgesetzt worden, das, was eine Masse als ein bloßes Aggregat außer und neben einander sich befindender Materien, zusammenhalte, müsse eben eine solche Influenz einer Materie außer ihr seyn, die allen Theilen eine wechselseitige Tendenz gegen einander gebe. Diese wechselseitige Tendenz aller Theile gegen einander aber läßt sich nicht anders erklären, als durch eine gemeinschaftliche Tendenz aller zur Vereinigung mit einem dritten, wo denn ihre wechselseitige Tendenz gegen einander nur scheinbar wäre. Diese gemeinschaftliche Tendenz zur Vereinigung mit einem dritten nun ist denn das bin-

dende, was alle Theile zusammenhält. Dieses dritte müßte nun nothwendig etwas außer der Masse seyn, es müßte also bey der Erde z. B. die Sonne seyn.

Es müßte also behauptet werden, die Sonne influire so auf die Erde, daß in allen Theilen der letztern eine gemeinschaftliche Tendenz gegen alle Theile der Sonne entstehe. Wie eine solche Tendenz selbst möglich sey, wäre dann ein neues Problem, dessen Auflösung aber vorerst ins Unendliche zurückgeschoben werden kann. Denn daß die Sonne durch ihre Influenz eine solche gemeinschaftliche Tendenz in allen Theilen der Erde hervorbringt, muß gerade wieder so erklärt werden, wie die gemeinschaftliche Tendenz aller Theile der Erde gegen einander erklärt wurde, nämlich durch die Influenz einer dritten Masse auf die der Sonne, in Bezug auf welche dann die Sonne sammt der Erde nur einer Masse gleich ist, die unter sich nur durch die gemeinschaftliche Tendenz zur Vereinigung mit einem dritten zusammengehalten wird, sie, wie alle verschiedene Materien der Erde in Bezug auf die Sonne, nur einer Masse gleich gelten, wodurch dann die Anziehung ins Unendliche nur scheinbar wird, da es eigentlich immer nur die gemeinschaftliche Tendenz zur Vereinigung mit einem Höhern ist, was Materien unter sich zusammenhält, und, ob sie gleich nur neben und außer einander existiren, doch zu einem Ganzen organisirt.

Was nun die letzte Ursache dieser ins Unendliche gehenden Tendenz aller Materien gegen einander sey, davon abstrahirt Schelling; er bemerkt nur, die Action, welche jene gemeinschaftliche Beschaffenheit unterhält, muß der Fortpflanzung fähig seyn, z. B. die Masse A influire auf B, so muß damit A und C mit-

mittelbar gegen einander gravitiren, die Influenz von A auf C durch B fortgepflanzt werden können. Ferner: daß alle Materien der Erde bis auf ihre letzten Theile die Tendenz gegen alle Theile der Sonne haben, ist nicht erklärbar, ohne eine gemeinschaftliche Beschaffenheit in ihnen allen anzunehmen, in Ansehung welcher alle ihre sonstige specifische Differenz verschwindet, und die selbst nur im Gegensatz gegen die Materien anderer Körper eine specifische ist. Aber wie sich die Theile der Erde in Bezug auf die Sonne gegen einander verhalten, so verhalten sich wiederum die Theile der Erde und der Sonne gegen einander in Bezug auf ein höheres Drittes d. h. auch die Theile der Erde und der Sonne müssen wieder in Bezug auf dieses Höhere eine gemeinschaftliche Beschaffenheit haben, oder zu einer gemeinschaftlichen Affinitätssphäre gehören und so ins Unendliche fort. Schelling bemerkt aber dabey, daß hier nur von einer Affinität die Rede ist, die das Neben- und Außereinanderseyn zur Folge hat. Uebrigens findet Schelling diesen Ausdruck schon von Lichtenberg gebraucht. Dieser machte nämlich in seinen neuesten Neuigkeiten vom Himmel darauf aufmerksam, daß schon die Einwirkung des Lichts auf unsere Erde und deren Atmosphäre ein Beweis sey von unserer Eintauchung in eine Affinitätssphäre und Schicht der Sonne, die mit der allgemeinen Schwere nichts zu thun habe.

Nun könnte man aber, daß alle Theile der Erde ins Unendliche eine gemeinschaftliche Beschaffenheit haben, nur daraus erklären, daß sie alle zusammen gemeinschaftlichen Ursprungs, d. h. aus einer und derselben ursprünglichen Synthesis gleichsam nieder-

geschlagen wären, und daß die Materien der Erde mit denen der Sonne wieder eine gemeinschaftliche Beschaffenheit haben, müßte wieder auf dieselbe Art erklärt werden, nämlich daß die Sonne mit allen ihren Trabanten ein gemeinschaftlicher Niederschlag aus einer höhern Zusammensetzung wäre, und so ins Unendliche fort.

Ueberhaupt, wenn die Gravitation zweyer Massen gegen einander in einem ihnen gemeinschaftlichen Princip liegt, so muß dieses Gemeinschaftliche bis ins Unendliche sich erstrecken, weil sonst die Proportion der Masse und der Gravitation unerklärt bleibt. Daß nun in einer unendlichen Menge von Materie eine gemeinschaftliche, bis ins Unendlich gehende Beschaffenheit aller Theile überhaupt möglich sey, kann man nicht aus Erfahrungsgründen bezweifeln, denn der Magnet z. B. zeigt bis ins Unendliche Polarität. Es ist nicht zu läugnen, daß der Magnetismus unsere Erdkugel bis auf das kleinste Stäubchen durchdringt, und doch würden wir vom Magnetismus nichts wissen, wenn nicht zwey einzelne Substanzen aus dieser allgemeinen Sphäre des Magnetismus heraustråten, und einen besondern Magnetismus unter sich bildeten.

So wie nun der Magnetismus von der allgemeinen Anziehungskraft in allen Systemen der Physik unterschieden, und als eine empirische, also auch empirisch-bestimmbare Beschaffenheit der Materie angenommen wird, kann nicht eben so eine noch höhere, deßwegen aber immer noch von der allgemeinen Anziehungskraft weit entlegene, d. h. immer noch empirische Bestimmung aller Materie unserer Erde, die bis

bis auf jeden Atom sich erstreckt, Ursache ihrer Gravitation gegen die Sonne seyn?

Nun ist es aber auch sehr begreiflich, daß eben deßwegen, weil, nach der Voraussetzung selbst, jene empirische Beschaffenheit der Materie, welche Ursache der Schwere ist, ins Unendliche geht, auch kein Körper existirt, den man diese Beschaffenheit erst mittheilen könnte, als welches nothwendig dazu gehört, um eine Beschaffenheit durch Experimente zu erforschen, also auch über die Ursache der Schwere unserer Erde gegen die Sonne, oder der Theile der Erde gegen sich selbst, niemals etwas auf empirischen Wege ausgemacht werden kann.

Es könnte gar wohl bewiesen werden, daß überhaupt die Schwere, z. B. in unserm Planetensysteme, empirische Bedingungen habe, da bereits allgemeine Phänomene bekannt seyen, die solche empirische Bedingungen der Attraction andeuteten, wie z. B. daß alle Nebenplaneten ihren Hauptplaneten immer dieselbe Seite zukehren. Der Blick in den innersten Bau des Himmels habe Herschel'n auf den Gedanken gebracht, daß sehr mannichfaltige Centralkräfte dem Universum seine Ordnung gegeben haben. — Wenn selbst der Unterschied der Weltgegenden, z. B. von Süden und Norden, aufhört, ein bloß mathematischer Unterschied zu seyn, und man allmählig auf die Idee kommt, daß eine physische allgemein durch das ganze Sonnensystem wirkende Ursache diesen Unterschied zuerst gestiftet habe, warum sollte nicht endlich auch die Attraction aus einem bloß mathematischen in ein physikalisches Phänomen übergehen?

Es würde also vorerst dem Ursprunge der Schwere historisch, d. i. in der Geschichte der allgemeinen Welt-

Weltbildung nachgeforscht werden müssen. Wollte man sich nun den Ursprung der Welt als mechanisch entstanden vorstellen, so würde man überhaupt nichts ausrichten, wenn die Natur ins Unendliche als Produkt angesehen werden müßte, in welchem Falle ihre Bildung durchaus nur organischer Art seyn könne. Schelling's Gedanken hierüber, welche er aber für bloße Möglichkeiten ausgiebt, sind folgende:

Er frägt, ob man sich den Ursprung des Weltsystems nicht mehr organisch, als mechanisch, durch einen Wechsel von Ausdehnung und Zusammenziehung, als wodurch alle organische Bildung geschieht, denken solle? Man könnte annehmen, daß durch eine von einem Punkt ausgehende, durch einen unermeßlich großen Theil des Raums, worin der Urstoff der Welt verbreitet war, zugleich sich erstreckende Zusammenziehung der erste Anfang zur Bildung geschehen, daß aber zugleich mit dieser allgemeinen Aneignung, welche jener eine Punkt auf die gesammte in einem unendlichen Raum verbreitete Materie ausübte, eine entgegengesetzte Wirkung eintrat; nämlich, daß er Materien von entgegengesetzter Beschaffenheit aus seiner Bildungssphäre stieß, und daß auf solche Art der allgemeine Prozeß der Bildung gleich an mehreren Punkten zugleich begann. Da überhaupt keine Aneignung ohne Aussonderung möglich ist, und beydes in jeder organischen Bildung eigentlich nur eine Operation ist, so könnte man sich vorstellen, daß jener eine Punkt in dem Verhältnisse, in welchem er sich selbst durch Aneignung bildete, zugleich ganze Massen ausgestoßen habe mit einer Gewalt, die man den ersten, noch jugendlichen und unverbrauchten Kräften der Natur als proportional anneh-

nehmen kann. Zwischen der ursprünglichen, und den ausgestoßenen Massen nun müßte eine gemeinschaftliche Affinität statt gefunden haben, weil sie sonst nie gegen einen Punkt sich hätten zusammenziehen können, aber die ursprüngliche Masse bildete sogleich eine engere Affinitätssphäre. Ist dieses aber, mußte dann nicht jene Bildung immer engerer Sphären der Affinität ins Unendliche gehen, und ist nicht eben diese ins Unendlich gehende Organisation der Ursprung des ganzen Weltsystems?

Um diese Idee weiter zu verfolgen, betrachte man die erste sich bildende Masse als das ursprünglichste Produkt, als ein Produkt also, das ins Unendliche fort in neue Produkte zerfallen kann, welches ohnehin die Eigenschaft jedes Naturprodukts ist. Jene ursprüngliche Masse wird also als das erste Naturprodukt zunächst in entgegengesetzte Faktoren zerfallen, die aber nothwendig selbst wieder Produkte sind. So werden sich anfänglich drey ursprüngliche Massen, als der erste Entwurf des nur noch im Keim vorhandenen Universums bilden; aber drey Massen sind es auch, welche allein unter sich ein System der Gravitation bilden können. Denn setzen wir etwa zwo ursprüngliche Massen, die einander gleich seyn, so werden sie sich wechselseitig einander nähern und in Eine Masse übergehen, oder setzen wir beyde zugleich, so wird die eine die andere in ihre Sphäre ziehen, und beyde werden abermals in Eine Masse zusammenschwinden. Setzen wir dagegen drey ursprüngliche Massen A, B, C, wovon die eine A gleich ist der Summe der beyden übrigen Massen, so wird in einem solchen System ein Gleichgewicht möglich, es wird aber auch in demselben allein jene zugleich mit-

tel-

telbare und unmittelbare Wechselwirkung möglich seyn, die zu jedem geschlossenen System gehört. Denn indem z. B. die Wirkung von A auf B durch C gestört wird, wird hinwiederum die Wirkung von C auf A durch B und in demselben untheilbaren Augenblick die Wirkung von B auf C wieder durch A gestört, wo dann jeder Kreislauf neu, von vorne, beginnt, ohne daß man sagen könnte, wo er angefangen habe, noch wo er ende.

Die erste Masse also mußte in dem Verhältnisse, als sie sich bildete, einen Antagonismus des Gleichgewichts veranstalten, d. h. sie mußte in ihre entgegengesetzte Faktoren sich trennen, und nur das Gemeinschaftliche für beyde behalten. Jeder dieser Faktoren ist selbst wieder Produkt, jeder muß also wieder in entgegengesetzte Faktoren zerfallen. Man bezeichne die Faktoren von B durch a, b, so waren a und b wechselseitig sich entgegengesetzt in Bezug auf die niedere Bildungssphäre, die sie einnahmen, oder einander gleich in Bezug auf ihr gemeinschaftliches Princip, das in B als dem höhern lag. Aber eben so ist es auch mit B und C. Beyde sind sich wechselseitig entgegengesetzt unter einander, aber sich gleich in Bezug auf das höhere A, ihre gemeinschaftliche Synthesis. So wäre also vorerst bekannt, in wie fern alle Materie eines Systems eine gemeinschaftliche Beschaffenheit hat. Nämlich, je zwey Produkte derselben Bildungssphäre sind sich unter einander entgegengesetzt, aber sich gleich in Bezug auf die höhere Bildungssphäre, aus der sie abstammen. Das gemeinschaftliche Princip ist also weder im Einen noch im Andern, wohl aber in beyden zusammen d. h. in ihrer gemeinschaftlichen Synthesis enthalten. Und so

wäre

wäre denn auch durch eine ganz nothwendige Schlußfolge abgeleitet, woher die allgemeine Dualität in der Natur abstamme, nämlich: sie ist durch die allgemeine Gravitation in die Natur gekommen, und dieß ist denn eine von den Wirklichkeiten, woran Herr Schelling die ersten Möglichkeiten anzuknüpfen berechtigt zu seyn glaubt.

Er behauptet also, das Universum habe zuerst von einer in Bildung begriffenen Masse zu einem System von drey ursprünglichen Massen, und von diesen aus durch eine ins Unendliche gehende Organisation vermittelst einer immer fortgehenden Explosion sich selbst hervorgebracht. Wurde nun jeder aus der Centralmasse gestoßene Körper seiner Natur nach und nothwendig wieder ein Centralkörper, der in entgegengesetzte Produkte sich zersetzen müßte, so muß auch jedes System im Universum auf drey ursprüngliche Massen sich reduciren lassen. Daß das System mehrere, bey Sonnensystemen unendlich mehrere Körper zählt, muß aus der ungleichen Kraft, womit die Explosion geschehen, erklärt werden.

Wenn man also annimmt, daß die vom Centralpunkt entferntesten Körper durch die erste Kraft der Sonne explodirt wurden, so sind offenbar die drey entferntesten Planeten unsers Sonnensystems von gemeinschaftlicher, Mars aber, dessen Abstand vom Jupiter so unverhältnißmäßig groß ist, von der zweyten minder kräftigen Explosion. — Aber jener Abschnitt zwischen Jupiter und Mars ist nicht bloß durch den Zwischenraum beyder, sondern durch eine noch weit auffallendere Verschiedenheit gemacht. Die Excentricität der Bewegungen nämlich muß offenbar abnehmen im umgekehrten Verhältnisse der Sonnennähe, weil

weil im Verhältniß der größern Entfernung die durch Explosion einem Körper eingedruckte Centrifugalbewegung immer matter werden muß. Die einzigen Ausnahmen machen Mars und Merkur. Die Bewegung des Mars ist bey weitem excentrischer, als die des Jupiter. Aber nach der Voraussetzung sind beyde auch von verschiedener Explosion. Auf den Mars hat offenbar nicht dieselbe Kraft, die auf Jupiter, sondern diejenige Kraft gewirkt, die der Erde und der Venus ihre Centrifugalbewegung eingedruckt hat, daher seine Centrifugalbewegung auch schon matter seyn muß, als die der weit nähern Erde und Venus, so wie unter den drey entferntesten Planeten der erste die geringste Excentricität hat, der dritte die größte. — Merkur endlich, der unter allen die größte Excentricität hat, ist ohne Zweifel die letzte Kraft der Sonne. Aber noch eine andere Analogie streitet dafür, daß je drey Planeten unsers Sonnensystems von gemeinschaftlicher Explosion seyen; denn wenn man die drey äußersten mit den übrigen der Sonne nähern vergleicht, so sind sie ihnen an Masse offenbar überlegen, vergleicht man sie aber unter einander, so ist Jupiter z. B. dem Saturn überlegen, wovon man keinen Grund einsehen kann, als daß alle drey durch eine und dieselbe Kraft explodirt worden, wo dann natürlich der größere Theil der Masse der Centripetalkraft eher unterliegen mußte, als der kleinere. Aber dieselbe auffallende Analogie zeigt sich wiederum bey den drey nähern Planeten; denn unter diesen hat die der Sonne nähere Venus mehr Masse als die Erde, die Erde mehr Masse als Mars, warum anders, als weil eine und dieselbe Kraft sie aus der Sonne geworfen hat? Und Merkur endlich hat die geringste Masse; wären der Sonne näher als er noch zwey

Pla-

Planeten sichtbar, so würde er unter diesen wieder die größte haben.

Bis jetzt ist nur die Bildung eines Systems betrachtet worden, wobey die Bildung an einem Punkte des Raums anfieng, und auf eine zwar unbestimmbar große, aber doch nicht unendliche Weite sich erstreckte. Aber diese Voraussetzung hindert nicht, anzunehmen, daß solche Bildungen von einem gemeinschaftlichen Punkte aus immerfort geschehen, und daß so das Universum, weil eine vollendete Unendlichkeit ein Widerspruch ist, in unendlichem Werden begriffen sey. Man muß den Gesetzen der Analogie gemäß voraussetzen, daß zwischen jenen durch den unendlichen Raum in unermeßlicher Entfernung von einander ausgestreueten Punkten, wo der erste Ansatz zu neuen Bildungen geschieht, abermals ins Unendliche fort eine wechselseitige Beziehung sich einfinden werde, und zwar eine Beziehung durch Gravitation, welches schon dadurch begreiflich wird, daß jene Centralmassen neuer Systeme alle durch Zusammenziehung aus einem in gemeinschaftlicher Solution begriffenen Stoffe sich bilden, und zugleich, indem sie sich bilden, sich wechselseitig ausschließen. — Einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt des ganzen Universums, von welchem alle Bildung ausgegangen, annehmen, hieße das Universum endlich machen. Wenn aber die Welt nicht unendlich ist (sondern nur wird), und man annimmt, daß eine Action, die erste Ursache der allgemeinen Regung von einem ersten Punkt aus, nach allen Punkten fortgepflanzt wird, die einer selbstständigen Bildung fähig sind, und so ins Unendliche fort, so wird jener erste Punkt wenigstens der Mittelpunkt der werdenden Schöpfung seyn. Allein die un-

ursprünglichen, selbstständigen Bildungen werden dann doch zusammen nur ein idealisches Centrum haben ebendeßwegen, weil jede einzelne selbstständig, d. h. durch eigene Formation sich gebildet hat, und in dem Verhältniß als jene Bildungen fortschreiten, wird auch jenes (in den leeren Raum fallende) Centrum immer in einen neuen Punkt zerlegt werden.

Thut man indeß einen Blick auf ein selbstständiges System, d. h. auf ein Ganzes von Systemen, die alle von einem pulsirenden Punkte aus sich gebildet haben, zurück, so wird man die einzelnen Systeme, die dazu gehören, zugleich in drey verschiedenen Zuständen erblicken können, nämlich einige im Zustand der größten Ausdehnung, wo die ihnen eingedruckte Centrifugalbewegung noch unvermindert der Centripetaltendenz das Gleichgewicht hält, während daß andere schon in einem mittleren Zustand der Zusammenziehung, andere endlich im Zustand der höchsten Contraction befindlich, ihrem Verfall nahe sind. Frägt man nun, in welchem Verhältnisse zur Entfernung vom Mittelpunkte diese verschiedenen Zustände stehen werden, so sieht man leicht ein, daß dem Mittelpunkt am nächsten die Contraction am schnellsten geschehen muß, daß also z. B. jene Stellen des Himmels, wo die Gestirne gegen einen Punkt zusammengedrängt erscheinen, ihrem Centrum am nächsten; jene Stellen dagegen, wo die Zwischenräume von Sternen leerer sind, am entferntesten vom Mittelpunkt, in der Mitte zwischen beyden aber von mittlerer Expansion seyn müssen, obgleich das Zurückkehren des vom Mittelpunkt nächsten Systems in seinen Ursprung den Ruin der andern mit accelerirter Geschwindigkeit nach sich ziehen würde.

Nimmt

Nimmt man ein solches allgemeines Zurückfallen jedes Systems in sein Centrum an, so wird nach demselben Gesetz, nach welchem dieses bey seiner ersten Bildung in ein System sich organisirte, jedes System verjüngt aus seinen Ruinen wieder hervorgehen, und so hat man mit jener durch das ganze Universum gehenden ewigen Metamorphose zugleich jenes beständige Zurückkehren der Natur in sich selbst, welches ihr eigentlicher Charakter ist, abgeleitet.

Schelling zieht hieraus folgende Sätze:

A.

a. Die Tendenz, welche durch Sonneneinfluß in allen Theilen der Erde hervorgebracht wird, ist eine Tendenz zur wechselseitigen Intussusception. Das Produkt dieser allgemeinen Tendenz muß etwas allen Theilen der Erde gemeinschaftliches seyn. Aber die Action der Schwere bringt die bloße Tendenz hervor, über die Tendenz hinaus kommt es nicht. Man nehme nun indeß aus der Erfahrung gewiß an, daß Intussusception gewiß sey, so wird zwar allerdings die Action der Schwere der erste Impuls aller Intussusception seyn — (und so ist die Ursache der Schwere, wie Lichtenberg schon geahndet habe, das letzte, was die ganze Natur beseele) — aber soll es zur wirklichen Intussusception kommen, so muß zu der Influenz der Schwere noch eine besondere von ihr verschiedene, aber mit ihr in Zusammenhang stehende Action hinzukommen.

b. Hier giebt Schelling die Aufgabe, diese Action zu finden.

Auflösung.

α) Intussusception ist nur im chemischen Proceß. Nun ist es a priori gewiß, daß, was Princip

des chemischeu Processes in einer bestimmten Sphäre ist, nicht wieder Produkt des chemischen Prozesses derselben Sphäre seyn kann, (obgleich es ohne allem Zweifel in einer höhern Verwandtschaftssphäre selbst wieder chemisches Produkt ist). Das Princip alles chemischen Prozesses, der zwischen Materien der Erde statt hat, kann daher nicht wieder Produkt der Erde seyn. Es muß also unter den Principien der Verwandtschaften ein einzelnes vorkommen, das allen andern entgegengesetzt ist, und das eben dadurch den chemischen Prozeß der Erde begrenzt. Dieses Princip muß Mittelglied aller chemischen Verwandtschaften seyn. Alle andern Materien müssen sich nur dadurch chemisch verwandt seyn, daß sie gemeinschaftlich nach Verbindung mit diesem Einen streben. — Dieß Princip sey, wie aus der Erfahrung erhelle, das, was wir Sauerstoff nennten. Der Sauerstoff also könne nicht wieder chemisches Produkt aus der Verwandtschaftssphäre der Erde seyn.

Herr Schelling frägt nun aber, was Sauerstoff sey? Man könne ihn zwar als kein Produkt der Erde mehr betrachten; allein in einer höhern Sphäre müsse er selbst wieder in die Reihe der Produkte treten. Der Sauerstoff sey für uns unzerlegbar, und nur in so fern er dieß sey, könne er Mittelglied aller chemischen Affininitäten der Erde seyn, und den chemischen Prozeß der Erde begrenzen. Aber in einer höhern Sphäre habe er selbst wieder ein Unzerlegbares, auf das er reducibel sey. Der Sauerstoff sey dadurch allen andern Stoffen der Erde entgegengesetzt, daß mit ihm alle andere verbrennen, während er mit keinem andern verbrennt. Schelling behauptet, daß das Daseyn des Sauerstoffs in vielen Substanzen der Erde Beweis seiner Theorie

von

von der Erde sey, als einem Produkt der Sonne, wodurch eine ganz neue Ansicht der specifischen Differenz aller Materien unserer Erde entstehe, indem alle Varietät sich darauf reducire, daß welche verbrannt, andere in der Reduction, andere in permanentem Verbrennen begriffen sind. Auch folge hieraus nothwendig, daß keine Substanz auf der Erde vorkommen könne, die nicht entweder verbrennt wäre oder verbrannt würde, oder verbrennlich wäre.

β. Der Sauerstoff hat also bey allen chemischen Prozessen der Erde die positive Rolle. Nun ist aber der Sauerstoff ein der Erde fremdes Princip, ein Erzeugniß der Sonne. Die positive Action in jeden chemischen Prozeß muß also von der Sonne ausgehen, eine Influenz der Sonne seyn. Es wird also außer der Action der Schwere, welche die Sonne auf die Erde ausübt, noch eine chemische Influenz der Sonne auf die Erde postulirt. Es muß aber in der Erfahrung irgend ein Phänomen aufgezeigt werden, wodurch jene chemische Action der Sonne auf die Erde sich darstellt, dieses Phänomen ist nach Schelling das Licht.

Satz: Das Phänomen der chemischen Action der Sonne auf die Erde ist das Licht.

1. Es muß vorerst eingeräumt werden, daß, wenn in der Natur überhaupt kein Zufall statuirt werden kann, auch der Lichtzustand der Sonne ihr nicht zufällig seyn kann, sondern daß sie, so nothwendig, als sie der Mittelpunkt der Schwere in unserm System ist, auch die Quelle des Lichts seyn muß. Es werden also damit zum voraus alle Erklärungen ausgeschlossen, welche jenen Zustand der Sonne von

 etwas

etwas Zufälligem, oder gar bloß Hypothetischem abhangen lassen.

Mit Weglassung aller Hypothesen stellt Schelling folgenden Satz auf: Wenn die positive Action in allem chemischen Prozeß eine Action der Sonne ist, so ist die Sonne im Gegensatz gegen die Erde überhaupt in positivem Zustande. Dasselbe wird von allen Sonnen gelten, nämlich daß sie im Gegensatz gegen ihre Subalternen nothwendig positiv sind.

Die Sonnen müssen vermöge ihres positiven Zustandes eine positive Influenz auf ihre Subalternen ausüben, und das Phänomen dieser positiven Influenz ist nach Schelling's Behauptung das Licht. Alle Sonnen sind als Princip aller chemischen Verwandtschaft, im Gegensatz gegen ihre Subalternen nothwendig in positivem, also auch nothwendig in ursprünglichem Lichtzustand. Das Licht der Sonnen aber ist positiv nur im Gegensatz gegen unsern negativen Zustand. Ferner sind die Sonnen selbst wieder Subalternen eines höhern Systems, ihr Licht also negativ in Bezug auf die höhere, positive, Influenz, welche sie selbst in Lichtzustand versetzt. — Dieß eben soll es nach Schelling seyn, was eine Organisation des Universums ins Unendliche möglich macht, daß, was in Bezug auf ein Höheres negativ ist, in Bezug auf ein Niederes wieder positiv wird, und umgekehrt. Das Licht selbst ist ursprünglich Phänomen eines negativen Zustandes, der einen höhern positiven als Ursache voraussetzt. Es eröffnet sich dadurch eine neue Welt, wohin nur Schlüsse, nicht aber die Anschauung, reicht; das Licht ist es, was unsere Anschauung absolut begrenzt, was jenseits des Lichts und der Lichtwelt liegt, ist für unsern Sinn ein verschlossenes Land,

und

und in ewiger Dunkelheit begraben. Die chemische Action, wodurch die Sonne selbst wieder in Lichtzustand versetzt wird, ist für uns nur mittelbar erkennbar.

Nach diesen Voraussetzungen glaubt nun Schelling den Satz: daß das Licht Phänomen einer chemischen Action der Sonne auf die Erde ist, in der Erfahrung nachweisen zu können. Nach seiner Meynung kann der Beweis am kürzesten dadurch geführt werden, daß man zeige, gewisse Erfahrungen lassen sich aus jenem Satze a priori ableiten.

a. Wenn der Sauerstoff bey allen chemischen Prozessen die positive Rolle hat, so müssen Körper, die gegen den Sauerstoff negativ sich verhalten, auch gegen die Lichtaction der Sonne negativ sich verhalten.

Der Körper, der gegen die Lichtaction der Sonne schlechthin positiv sich verhält, muß für den Gesichtssinn absolut aufgehoben, und aus der Reihe der Dinge wie hinweggenommen seyn, weil nur das negative Verhältniß zu jener Action ihm überhaupt Existenz für diesen Sinn giebt. Aber auch kein phlogistischer Körper ist absolut durchsichtig, und umgekehrt jeder wahrhaft durchsichtige Körper verhält sich positiv gegen den Sauerstoff.

b. Wenn das Licht Phänomen einer positiven in jedem chemischen Prozeß thätigen Action der Sonne ist, so muß das Licht hervortreten, wo ein Uebergang aus dem absolut-negativen in den absolut-positiven Zustand geschieht.

Alle phlogistischen Körper verhalten sich negativ gegen den Sauerstoff. Jeder wahre Verbrennungsprozeß ist daher ein solcher Uebergang. Zum wahren Verbrennungsprozeß gehört aber die absolute Ent-

gegensetzung, d. h. der Körper muß absolut-unverbrannt seyn, ferner nur der Sauerstoff selbst verhält sich gegen phlogistische Körper absolut-positiv, nicht aber eine Säure, worin er mit einer verbrennlichen Substanz verbunden ist. Daher das Licht, das beym Verbrennen erscheint, kein Bestandtheil weder der Sauerstoffluft, noch des Körpers, sondern unmittelbares Produkt der alles durchdringenden, nie ruhenden, chemischen Influenz der Sonne. Die Sonne also oder ihr Licht vielmehr tritt überall hervor, wo nur ein positiver Zustand hervortritt.

c. Wenn die Lichtaction der Sonne positiv wirkt im chemischen Prozeß, so müssen Körper, indem sie sich mit dem Sauerstoff verbinden, aufhören, gegen die Lichtaction der Sonne negativ sich zu verhalten.

Hieraus glaubt nun Schelling dieß Resultat ziehen zu können: Die Action, deren Phänomen das Licht ist, wirkt positiv im chemischen Prozeß. Viele Wirkungen also, die man dem Licht zugeschrieben hat, gehören eigentlich der Influenz, deren Phänomen es ist. Daß der größte und vornehmste Theil der Weltkörper zu Lichtprozessen bestimmt ist, weiset nicht auf etwas zufälliges, sondern auf ein allgemeines, höheres und weitergreifendes Naturgesetz. Die Action des Lichts muß mit der Action der Schwere, welche die Centralkörper ausüben, im geheimen Zusammenhang stehen. Jene wird den Dingen der Welt dynamische, wie diese die statische Tendenz geben. Aber dieß wird sich a priori aus der Möglichkeit eines dynamischen (chemischen) Prozesses überhaupt erweisen lassen. Denn überhaupt ist kein chemischer Prozeß constructibel, ohne eine Ursache, die chemisch wirkt,

wirkt, aber dem chemischen Prozeß selbst nicht unterworfen ist.

B.

a. Wenn alle Materien der Erde zu jener chemischen Action positiv oder negativ sich verhalten, so werden sie auch wechselseitig unter einander sich so verhalten.

b. Je zwey specifisch verschiedene Körper werden sich wechselseitig zu einander positiv und negativ verhalten, und ihre Qualitätsdifferenz wird sich durch dieses positive oder negative Wechselverhältniß ausdrucken lassen.

Damit ist abgeleitet, daß es überhaupt etwas, wie Elektricität, in der Natur gebe. Empirisch ausgedruckt lautet der Satz so: alle Qualitätsdifferenz der Körper läßt sich ausdrucken durch die entgegengesetzten Elektricitäten, welche sie im wechselseitigen Conflict annehmen.

c. Aber das negative und positive Verhalten der Körper überhaupt ist bestimmt durch ihr entgegengesetztes Verhältniß zum Sauerstoff. Also wird auch das negative und positive Verhältniß der Körper unter einander bestimmt seyn durch ihr entgegengesetztes Verhältniß zum Sauerstoff.

d. Wie unterscheidet sich aber der elektrische Prozeß vom eigentlichen — chemischen — Verbrennungsprozesse? Nach dem, was Hr. Schelling bisher angeführt hat, ist der einzige Unterschied dieser, daß im elektrischen Prozesse der Körper, der dem Sauerstoffe am nächsten verwandt ist, die Rolle übernimmt, welche im Verbrennungsprozeß der Sauerstoff selbst spielt, so daß in so fern der elektrische Pro-

zeß durch den chemischen vermittelt ist. Aber umgekehrt auch der Verbrennungsprozeß ist durch den elektrischen vermittelt. Sogar die Bedingungen alles Verbrennungsprozesses sind dieselben, wie die des elektrischen. Denn kein Körper verbrennt unmittelbar oder allein mit dem Sauerstoff, so wie keiner allein und unmittelbar mit dem Sauerstoff elektrisch wird. Zu jedem Verbrennen gehört ein dritter Körper, der die Funktion des Sauerstoffs übernimmt, und durch dessen Vermittelung erst der Sauerstoff zersetzt wird. Der einfachste elektrische Prozeß beginnt mit dem Conflict zweyer Körper A und B, die sich berühren oder reiben, und die beyde an sich negativ sind (in Bezug auf den Sauerstoff), nur daß A, als Repräsentant des letztern, in diesem Conflict positiv wird. Es muß aber für jeden Körper ein Maximum des positiven Zustandes geben. Sobald dieses Maximum erreicht ist, muß der Körper nach dem allgemeinen Gesetze des Gleichgewichts in das Minimum übergehen. Das Maximum aber ist erreicht, wenn der Körper in Lichtzustand geräth, darum ist die Lichterscheinung gleichzeitig mit dem Verbrennen, d. h. mit dem Uebergang aus dem Maximum des positiven Zustandes in das Minimum. Denn sobald der Körper verbrannt ist, hört er auf, gegen den Sauerstoff negativ sich zu verhalten, aber dieses negative Verhalten ist Bedingung aller positiven Funktion im elektrischen Prozesse, er geht also unmittelbar aus der positiven Funktion über in die entgegengesetzte. So wie also der elektrische Prozeß der Anfang des Verbrennungsprozesses ist, so ist der Verbrennungsprozeß das Ende des elektrischen.

Wie nun aber, wenn so, wie der positive Körper im elektrischen Prozeß nur Repräsentant des Sau-

erstoffs

erstoffs ist, der Sauerstoff selbst wieder nur Repräsentant eines höhern Princips ist, so wird, wenn der Sauerstoff selbst in unmittelbarem Conflict mit dem Körper gesetzt wird, eine unmittelbare Berührung der niedern und höhern Affinitätssphäre, es wird ein Uebergang der einen in die andere statt finden, und so ein absolutes Verschwinden alles Dualismus, d. h. ein chemischer Prozeß nothwendig seyn. Der Sauerstoff wird als Mittelglied im Prozesse verschwinden, und jener höhere Stoff selbst hervortreten.

Es erhellt ferner, daß die Beschaffenheit des Körpers, Kraft welcher er der Erhitzung fähig, mit derjenigen, vermöge welcher er der Elektricität fähig ist, eine und dieselbe ist; denn das Maximum der Erhitzung geht wie das Maximum der Elektricität unmittelbar in den Verbrennungsprozeß, womit die Wärme — und Elektricität isolirende Eigenschaft gleichzeitig eintritt, über.

C.

Wie verhält sich aber die Action der Schwere zu jener chemischen Action der Sonne auf die Erde? Nach Schelling können zwey Punkte ihres wechselseitigen Verhältnisses bestimmt werden.

Der erste ist, daß die Bedingung beyder eine Differenz ist, daß aber die Heterogenität, welche Bedingung der Action der Schwere ist, höherer Art, und daß die, welche Bedingung der chemischen Action ist, ohne Zweifel nur durch jene höhere Heterogenität bestimmt sey. Das Verhältniß dieser Heterogenitäten aber genauer anzugeben, ist durch das Bisherige nicht möglich.

Das

Das zweyte ist, daß die Action, die die Sonne als Ursache der Schwere auf die Erde ausübt, durch eine höhere Action, welche auf die Sonne ausgeübt wird, bestimmt, also der Sonne nicht eigenthümlich ist, daß aber diejenige Action, vermöge welcher sie Ursache des chemischen Prozesses der Erde ist, ganz allein durch die eigenthümliche Natur der Sonne bestimmt ist.

Schelling's bisherige Untersuchungen giengen vorzüglich auf folgendes: Die Natur ist in ihren ursprünglichen Produkten organisch, aber die Funktionen des Organismus können nicht anders, als im Gegensatz gegen eine anorgische Welt abgeleitet werden. Denn als das Wesen des Organismus muß die Erregbarkeit gesetzt werden, Kraft welcher allein eigentlich die organische Thätigkeit verhindert wird, in ihrem Produkte, das ebendeßwegen nie ist, sondern nur wird, sich zu erschöpfen.

Aber wenn das Wesen alles Organismus in der Erregbarkeit besteht, so müssen die erregenden Ursachen außer ihm gesucht werden, in einer der organischen entgegengesetzten d. h. unorganischen Welt.

Wenn überdieß Organismus überhaupt nur unter Bedingung einer anorgischen Welt möglich ist, so müssen auch in der unorganischen Natur schon alle Erklärungsgründe des Organismus liegen. Aber diese Natur ist der organischen entgegengesetzt. Wie könnten also in ihr die Gründe des Organischen liegen? Dieß ist nach Schelling nur so möglich, daß die unorganische Natur zu ihrem Bestand und Fortdauer selbst wieder eine höhere Ordnung der Dinge voraussetzen müsse, daß es ein drittes geben müsse, was organische und unorganische Natur wieder verbin-

binde, ein Medium, das die Continuität zwischen beyden unterhält.

Es kommt also nun darauf an, wie durch eine Wechselbestimmung des Organischen und des Unorganischen die ganze Natur möglich ist. Herr Schelling bemüht sich, dieß Geheimniß auf folgende Art zu enthüllen.

1. Das Wesen des Organismus besteht in Erregbarkeit. Dieß ist aber eben so viel, als: der Organismus ist sein eigen Objekt. Aber er constituirt sich selbst nur im Andrang gegen eine äußere Welt. Könnte die äußere Welt den Organismus als Subjekt bestimmen, so hörte er auf, erregbar zu seyn. Also nur der Organismus, als Objekt, muß durch äußere Einflüsse bestimmbar seyn, der Organismus, als Subjekt, muß durch sie unerreichbar seyn.

Die Erregbarkeit des Organismus stellt sich in der Außenwelt dar, als eine beständige Selbstreproduktion. Dadurch eben unterscheidet sich das Organische von dem Todten, daß das Bestehen des erstern nicht ein wirkliches Seyn, sondern ein beständiges Reproducirtwerden ist, und daß dieses beständige Reproducirtwerden indirekter Effekt äußerer, conträrer, Einflüsse ist, da hingegen das Todte durch äußere conträre Einflüsse nicht zur Selbstreproduktion bestimmt werden kann, sondern dadurch zerstört wird.

2. Aber wenn die organische Thätigkeit eigentlich nur dem Organismus als Subjekt zukommt, und die organische Thätigkeit nur durch äußere Einflüsse erregbar ist; so kann der Organismus als Subjekt für äußere Einflüsse unerreichbar seyn, wie doch behauptet wurde. Dieser Widerspruch läßt sich nicht

anders

anders auflösen, als so: daß der höhere Organismus durch die äußern Einflüsse nicht unmittelbar afficirt wird. Kurz: der Organismus muß sich selbst das Medium seyn, wodurch äußere Einflüsse auf ihn wirken.

3. Dieser Ausdruck aber sagt allgemeiner ausgedruckt weiter nichts, als: es soll im Organismus selbst eine ursprüngliche Duplicität seyn. Der Organismus aber ist alles, was er ist, nur im Gegensatz gegen seine Außenwelt. Es soll im Organismus eine ursprüngliche Duplicität seyn, heißt also eben so viel als: der Organismus soll eine doppelte Außenwelt haben.

4. Dieß ist aber nicht anders möglich, als wenn jede anorgische Welt selbst eigentlich eine doppelte Welt ist. In jeder anorgischen Welt spiegelt sich eine höhere Ordnung, eine höhere Welt! Wo diese entgegengesetzte Ordnungen sich berühren, da ist Thätigkeit!

5. Soll also der Organismus erregbar seyn, so muß im Organismus etwas durch die Einflüsse seiner Außenwelt unerreichbares seyn, ein Theil des Organismus, der für die Einflüsse seiner unmittelbaren Außenwelt gar nicht unmittelbar empfänglich ist. Dieser müßte also einen gröbern Organismus haben, und nur vermöge dieses niedern Organismus müßte der höhere mit seiner Außenwelt zusammenhangen. Kurz: der Organismus müßte in der Erscheinung in entgegengesetzte Systeme, ein höheres und ein niederes, zerfallen; nur vermittelst des letztern müßte jenes höhere in Contiguität mit seiner Außenwelt stehen.

6. Aber wie könnte das Höhere den Einflüssen dieser Außenwelt entzogen seyn, als selbst durch die Ein-

Einflüsse einer höhern Welt? So wie nun das höhere System nur durch das niedere mit der Außenwelt des Organismus zusammenhängt, so müßte das Niedere nur vermittelst des Höhern mit der höhern Ordnung zusammenhangen. Kurz: jede Organisation ist nur Organisation, in so fern sie gegen zwey Welten zugleich gekehrt ist.

7. Jene höhere Influenz allein ist Ursache der Erregbarkeit, denn nur durch sie ist der Organismus in eine den äußern Einflüssen entgegengesetzte Thätigkeit versetzt.

a. Wie also jene Influenz wirke, und welches ihre Natur sey, läßt sich am kürzesten im Gegensatz gegen die Wirkungsart der äußern Einflüsse auf den Organismus und ihre Natur bestimmen. Die äußern Einflüsse wirken ihrer Natur nach auf den Organismus, in so fern er bloß als Materie betrachtet wird, chemisch. Aber der Organismus ist nie bloß Produkt. Die äußern Einflüsse wirken in so fern also, nicht chemisch auf den Organismus. Diese chemische Wirkung muß verhindert werden durch die entgegengesetzte Thätigkeit des Organismus, welche man im Begriff der Erregbarkeit denkt. Aber in diese Thätigkeit ist der Organismus selbst nur durch seine höhere Ursache versetzt. Diese Ursache also muß eine den chemischen Einflüssen entgegengesetzte Thätigkeit ausüben.

b. Ferner: die Bedingung jener auf den Organismus wirksamen Thätigkeit ist die Duplicität im Organismus selbst; nur in so fern im Organismus selbst eine ursprüngliche Duplicität ist, ist jene Ursache auf ihn thätig. Es muß also eine Ursache seyn, die überhaupt nur unter der Bedingung der Duplicität

tät

tät thätig ist. Als eine solche Ursache kennen wir aber nur allein die chemische Action, welche nur unter Bedingung eines positiven und negativen Wechselverhältnisses überhaupt sich thätig erzeigt. Diese chemische Action muß überdieß als von einer höhern Ordnung ausgehend, gedacht werden, weil was Ursache des chemischen Prozesses ist, nicht wieder ein Princip derselben Sphäre seyn kann. Also wäre die allgemeine chemische Influenz identisch mit der Ursache der Erregbarkeit.

c. Aber die Ursache der Erregbarkeit muß den chemischen Einflüssen entgegenwirken, also kann sie nicht identisch mit jener allgemeinen chemischen Influenz seyn, es wäre denn, daß diese selbst nur in einer Rücksicht chemisch, in anderer Rücksicht aber nicht chemisch wäre. Die Ursache der Erregbarkeit ist identisch mit jener allgemeinen Ursache des chemischen Prozesses, in so fern nämlich die leztere nur ihrer Tendenz, nicht aber ihrem Princip nach chemisch ist.

Aus allen diesen sucht nun Herr Schelling die Hauptpunkte der beyden Systeme, des chemisch-physiologischen und des Systems der Lebenskraft zu widerlegen, und aus beyden ein drittes abzuleiten.

Alle organische Thätigkeit sezt schon Duplicität voraus. Daher bleibt noch die Frage übrig, wie diese Duplicität ursprünglich in den Organismus komme?

1. So viel ist ausgemacht, alle organische Thätigkeit stellt sich im Organismus als Objekt dar. Was also Quelle aller organischen Thätigkeit ist, kann nicht wieder im Organismus als Objekt erscheinen.

nen. Nun ist aber die ursprüngliche Duplicität Bedingung aller organischen Thätigkeit, Quelle aller Thätigkeit also die Ursache der Duplicität selbst.

2. Es muß demnach eine Ursache als wirkend im Organismus gedacht werden, die nur als unmittelbare Quelle anderer Thätigkeit erkannt wird, die also nur durch Thätigkeit, nicht wie jede andere Thätigkeit durch und im Objekte erkennbar ist.

Eine Ursache aber, die nicht unmittelbar wieder objektiv sich darstellt, sondern nur als Ursache einer andern Thätigkeit erkannt wird, kann offenbar nur eine in ihr Subjekt zurückgehende d. i. negative Ursache seyn. Aber eine negative Ursache ist nur denkbar, als eine Ursache der Receptivität.

Ursache aller organischen Duplicität ist also die Ursache, wodurch in den Organismus eine ursprüngliche Receptivität kommt.

Eine solche Ursache, durch welche die Receptivität des Organismus voraus bestimmt ist, müsse man doch wohl als Ursache alles Organismus annehmen. Denn durch Receptivität für äußere Einflüsse überhaupt kann er sich von dem Unorganischen nicht unterscheiden. Vielmehr dadurch allein unterscheidet sich das Lebende vom Todten, daß dieses jedes Eindrucks empfänglich ist, jenem aber eine eigenthümliche Sphäre der Receptivität durch seine eigene Natur zum voraus bestimmt ist; denn durch die Sphäre seiner Receptivität ist dem Organismus auch die Sphäre seiner Thätigkeit bestimmt. Die Sphäre seiner Receptivität muß also bestimmt seyn durch dieselbe Ursache, durch welche seine Natur überhaupt bestimmt ist.

Die Ursache der — Sensibilität also Ursache alles Organismus, und Sensibilität selbst Quell und Ursprung des Lebens. In alles Organische muß also auch der Funken der Sensibilität gefallen seyn, wenn sich ihr Daseyn auch in der Natur nicht überall demonstriren läßt, denn der Anfang der Sensibilität nur ist der Anfang des Lebens — Wie sie in der organischen Natur, obgleich ohne sie kein Organismus möglich ist, indemonstrabel seyn könne, zeigt Schelling in der Folge.

Es entsteht nun aber die Frage: was die Ursache der Sensibilität abstrahirt von ihrem Subjekt, was sie objektiv, oder an sich sey?

Es ist offenbar, daß diese Ursache, als Ursache des Organismus, außerhalb der Sphäre des Organismus selbst fallen müsse. Sie kann aber eben so wenig in die Sphäre des Mechanismus fallen, denn der Organismus kann dem Anorgischen nicht untergeordnet seyn. Sie muß also in eine Sphäre fallen, die Organismus und Mechanismus selbst wieder unter sich begreift, und höher ist, denn beyde. Aber jene höhere Sphäre ist keine andere, als die Natur selbst, in so fern sie als schlechthin unbedingt gedacht wird. Mit andern Worten also: die Ursache der Sensibilität muß in die letzten Bedingungen der Natur selbst sich verlieren.

3. Sensibilität wird nur in anderer Thätigkeit erkannt. Thätigkeit ist ihr Produkt. Wie kann aber Sensibilität unmittelbar in Thätigkeit übergehen?

In den Organismus komme durch die ursprüngliche Duplicität eine ursprüngliche Entgegensetzung. Der Organismus ist sich selbst entgegengesetzt, aber damit

damit es zum Produkt kommen könne, muß er mit sich selbst im Gleichgewicht stehen. So kommt in den Organismus Ruhe, sein Zustand ist ein Zustand der Homogeneität, er ist eine eigene in sich ruhende, in sich beschlossene Welt.

Aber in diesem Gleichgewicht würde alle organische Thätigkeit erlöschen, der Organismus würde aufhören, sein eigen Objekt zu seyn, denn er würde sich in sich selbst verlieren.

Jenes Gleichgewicht muß also continuirlich gestört, aber auch continuirlich wieder hergestellt werden. Im Organismus selbst aber liegt kein Grund seines Gestörtwerdens. Er müßte also außer dem Organismus liegen. Gestörtes Gleichgewicht ist in der Natur nur durch die Tendenz zur Wiederherstellung erkennbar. So gewiß es also gestört wird, muß auch eine Tendenz zur Wiederherstellung desselben im Organismus seyn. Aber diese Tendenz kann nur vom höhern Organismus ausgehen, also muß der höhere Organismus durch die Passivität des niedern zur Thätigkeit bestimmt werden können, dieß ist nicht anders möglich, als wenn durch das Minus von Thätigkeit im Niedern, ein Plus von Thätigkeit im Höhern bedingt ist.

4. Diese Thätigkeit muß vorerst eine Thätigkeit seyn, die in den Organismus als Objekt übergeht. Es ist eine Thätigkeit nach außen. Aber daß es für den Organismus überhaupt etwas Aeußeres, d. h. etwas von ihm verschiedenes gebe, ist nur durch eine höhere Influenz möglich, für welche die Außenwelt des Organismus selbst eine von ihr verschiedene d. h. äußere Welt ist. Aber auf und durch den Organismus ist wirklich eine solche Influenz thätig. Diese

Influenz aber zeigt sich in der Erfahrung als eine solche, die nur unter der Bedingung der Duplicität thätig ist. Sie wird also im Organismus nur unter Bedingung der Duplicität thätig seyn. Duplicität wird der organische Thätigkeitsquell seyn. Aber im Organismus ist die Duplicität aufgehoben, er steht mit sich selbst im Gleichgewicht, es ist in ihm Ruhe, aber es soll in ihm Thätigkeit seyn. Diese kann nur durch beständige Wiederherstellung der Duplicität hervorgebracht werden. Aber diese beständige Wiederherstellung kann selbst nur durch ein drittes geschehen, und darum wird jene Ursache im Organismus nur unter der Bedingung der Triplicität als thätig erscheinen.

Da nun der Organismus nicht absolute Ruhe, sondern nur Ruhe in der Thätigkeit ist, so muß im Organismus auch jene Triplicität als beständig vorhanden angenommen werden. Aber ist sie beständig vorhanden, so ist im Organismus Thätigkeit zwar, aber homogene gleichförmige Thätigkeit. Aber homogene gleichförmige Thätigkeit erscheint im Objekt überhaupt als Ruhe.

Nun wurde aber eine Thätigkeit postulirt, die in den Organismus als Objekt übergeht, d. h. die sich durch eine äußere Veränderung im Organismus darstellt. Jene Triplicität muß also nicht beständig vorhanden im Organismus angenommen werden.

Dieser Widerspruch läßt sich nur so auflösen: Jene Triplicität muß beständig nur werden (entstehen und verschwinden), nie seyn.

5. Durch welchen Effekt wird jene Thätigkeit im Organismus als Objekt sich darstellen?

Es

Es ist eine Thätigkeit, deren ursprüngliche Bedingung Duplicität ist. Eine Thätigkeit aber, deren Bedingung Duplicität ist, kann nur eine solche seyn, die auf Intussusception geht. Jene Thätigkeit wird also äußerlich als eine Tendenz zur Intussusception erscheinen. Aber keine Intussusception ist möglich ohne Uebergang in eine gemeinschaftliche Raumerfüllung, und dieser Uebergang nicht ohne Verdichtung oder Verminderung des Volumens. Jene Thätigkeit wird also äußerlich erscheinen, als eine Thätigkeit der Volumsverminderung, der Effekt selbst als Contraktion.

6. Aber die Tendenz jener Thätigkeit ist die Intussusception, und ebendeßwegen, weil jede Thätigkeit in ihrem Produkt erlischt, würde sie in der Intussusception erlöschen. Es kann also nicht zur Intussusception kommen. Dieß ist aber nur auf folgende Art möglich: Es müßte durch die Tendenz zur Intussusception selbst ihre Bedingung wieder vernichtet werden. Wird aber die Bedingung aufgehoben, so hört auch das Bedingte, die Thätigkeit, auf. Dieses bloße Aufhören der Thätigkeit kann aber nicht Ursache der Wiederherstellung des vorigen Zustandes des Organs seyn. Es muß vielmehr mit dem Aufhören jener Action, welche Ursache der Contraktion, eine entgegengesetzte Action eintreffen, welche Ursache des entgegengesetzten Zustandes des Organs wird. Diese Action muß nicht eintreten können, so lange eine entgegengesetzte ihr das Gleichgewicht hält, sie muß aber hervortreten, so wie ihre entgegengesetzte verschwindet, d. h. sie muß eine immer gegenwärtige, und in dem Subjekt des Organismus selbst begründete Action, sonach die Action der Duplicität seyn. Ihre Wir-

kung ist die entgegengesetzte von der Contraktion, d. h. Wiederherstellung des Volumens, oder der Expansion. Jene Thätigkeit also würde im Organismus als Objekt durch einen Wechsel von Contraktion und Expansion sich darstellen.

7. Irritabilität ist noch etwas Inneres, aber jene Thätigkeit muß ganz zu einer äußern werden, ganz im äußern Produkte sich darstellen, und wenn sie in ihm sich darstellt, in ihm erlöschen. Aber diese Thätigkeit, indem sie ganz in das Produkt als ein Aeußeres übergeht, ist keine andere, als die produktive Thätigkeit selbst. Irritabilität muß also unmittelbar in Bildungstrieb, oder Produktionskraft übergehen.

Auch fängt alle Bildung in der organischen Natur mit der Irritabilität an,) d. h. mit einem Wechsel von Expansion und Contraktion, wie dieß besonders bey der Metamorphose des Insektes sehr sichtbar ist.

Aber wenn in der Produktionskraft die Irritabilität nur als auf ihrer äußersten Stufe erscheint, so muß, wenn die Produktion je vollendet ist, die Irritabilität völlig erlöschen. Aber die Produktion muß vollendet werden, weil sie überhaupt eine endliche Produktion ist. Soll sie also noch nach Vollendung des Produktes fortdauern, so müßte sie in einer Rücksicht endlich, in anderer unendlich seyn. Es müßte eine innerhalb ihrer bestimmten Sphäre wenigstens unendliche Produktion — das Bestehen des Organismus müßte ein beständiges Reproducirtwerden, mit einem Wort, die Produktionskraft müßte Reproduktionskraft seyn.

8. Wie aber Produktionskraft in Reproduktionskraft übergehen könne, ist vorerst nicht anders denk-

denkbar, als durch ein beständiges Wiederanfachen der Irritabilität, und der Produktionskraft. Dieses Wiederanfachen ist, weil Bedingung aller Irritabilität Heterogeneität ist, nicht möglich, als dadurch, daß in dem Organismus eine immer erneuerte Heterogeneität unterhalten wird, und das Mittel, diese Heterogeneität immer zu erneuern und zu unterhalten — die Nutrition.

Hieraus folgert nun Schelling, daß das Leben kein chemischer Prozeß sey. Denn was durch die Nutrition in den Organismus komme, wirke als erregende Potenz, mithin nur indirekt chemisch.

9. Aber jene Kraft, die in der Reproduktion als thätig erscheint, ist eine ihrer Natur nach unendliche Kraft; denn sie ist an die ewige Ordnung des Universums selbst geknüpft, und ist wirksam, wo nur ihre Bedingungen gegeben sind. Aber ihre Bedingungen sind im Organismus immer gegeben. Sie müßte also immerfort produciren. Diese fortgehende Produktion würde nun entweder auf das Produkt beschränkt seyn, nicht über dasselbe hinausstreben, d. h. es müßte, da die organische Form nicht überschritten werden kann, ein unbegrenztes Wachsthum statt finden. Oder die Produktion würde über ihr Produkt hinausstreben. Aber die Bedingung jener Kraft ist Duplicität. Geht sie also weiter, so müßte im Produkt eine Duplicität seyn, deren einer Faktor außerhalb des Produktes fiele. Wäre im Produkt keine solche Duplicität, so könnte die Produktionskraft zwar weiter gehen, aber sie könnte sich nur in Produkten darstellen, die bey aller Regelmäßigkeit doch unorganische Produkte wären — und dieß wären die Produkte des sogenannten Kunsttriebs.

10. Bey dem Kunsttrieb wird also vorausgesetzt, daß er über das Produkt hinausgehe, ohne Daseyn einer Duplicität, deren einer Faktor außerhalb des Produktes fiele. Wäre nun aber im Produkt eine Duplicität, deren einer Faktor wirklich außerhalb des Produktes fiele, so könnte er nur wieder in einem organischen Produkt liegen, denn die Duplicität müßte organischer Art seyn. Dieses Produkt müßte dem ersten in Ansehung dieses einen Faktors entgegengesetzt seyn, aber ebendeßwegen in Ansehung der höhern Faktoren des Organismus überhaupt, ihm gleich seyn. In Ansehung dieser Duplicität, von der in jedem Produkt nur der eine Faktor ist, müßten beyde den allgemeinen Charakter ihrer Entwickelungsstufe einzeln unvollständig, beyde zusammen aber vollständig ausdrücken.

Aber Individuen, die sich so zu einander verhalten, sind Individuen von entgegengesetztem Geschlecht einer und derselben Gattung.

Ueberhaupt folgert Schelling aus diesen Untersuchungen folgendes Resultat:

Der Organismus, um erregbar zu seyn, muß mit sich selbst im Gleichgewicht stehen, in diesen Gleichgewichtspunkt fällt der Organismus als Objekt. Stünde der Organismus nicht mit sich selbst im Gleichgewichte, so könnte dieses Gleichgewicht nicht gestört werden, es wäre im Organismus kein dynamischer Thätigkeitsquell, es wäre in ihm keine Sensibilität. Aber ebendeßwegen, weil Sensibilität nur Störung des organischen Gleichgewichtes ist, ist sie nur in der continuirlichen Wiederherstellung des Gleichgewichts erkennbar. Diese Wiederherstellung zeigt sich durch die Irritabilitätserscheinungen: die ursprünglich-

lichsten Faktoren der Erregbarkeit sind also Sensibilität und Irritabilität, die nothwendig coexistiren. Aber weil das Produkt jeder Wiederherstellung immer wieder der Organismus selbst ist, so erscheint sie auf der tiefsten Stufe als beständige Selbstreproduktion des Organismus, ihre Ursache als Reproduktionskraft; daß sie aber als solche erscheint, ist zuletzt nur durch die Influenz einer höhern Ordnung, durch die der Organismus gegen die Einflüsse seiner unmittelbaren Außenwelt geschützt und gleichsam gewafnet ist, d. h. nur aus der Erregbarkeit, begreiflich.

Schelling folgert hieraus unmittelbar folgenden Satz. Es ist nur eine Organisation, die durch alle Stufen von den Thieren bis zur Pflanze herab sich verliert, und eine ununterbrochen wirkende Ursache, die von der Sensibilität des ersten Thiers an bis in die Reproduktionskraft der letzten Pflanze sich verliert.

Wenn also in der organischen Natur nur der allgemeine Organismus gleichsam sich contrahirt, so müssen, nach Schelling's Behauptung, in der allgemeinen Natur wenigstens die Analoga aller jener organischen Kräfte vorkommen, und so wäre

1. das Licht das, was in der allgemeinen Natur der Ursache des Bildungstriebs in der organischen Natur entspricht. Und wenn das Licht letzte Ursache alles chemischen Prozesses ist, so wäre der Bildungstrieb selbst nur die höhere Potenz des chemischen Prozesses, und so, da alle unorganische Bildung doch nur chemisch geschieht, wäre es eine Action, die allen Naturbildungen ihre Regelmäßigkeit giebt.

Unter dieser Action, behauptet Schelling, ist nun schlechterdings nichts materielles zu denken, so wenig als unter dem Licht selbst. Sie selbst ist schlechthin nicht materiell, nur ihre unmittelbaren Produkte sind es. Wäre das Licht ihr Produkt, so wäre es Materie, in dem Sinne, wie überhaupt etwas Materie ist. Denn da alle Materie Raumerfüllung, d. h Action von bestimmten Grad ist, so ist in so fern alle Materie immateriell. Aber das Licht ist nicht ihr Produkt, sondern nur ihr Phänomen. Das Licht, d. h. das, was wir Licht nennen, ist überhaupt nicht Materie, selbst nicht eine werdende, es ist vielmehr das Werden selbst; Lichtwerdung das unmittelbare Symbol der nie ruhenden Schöpfung. Da das Licht keines höhern Lichts bedarf, und da es eigentlich das ist, was die äußerste Grenze unserer Sensibilität bezeichnet, kann es nicht mehr selbst Objekt d. h. Materie seyn. Indeß versteht sich von selbst, daß jenem Werden, das wir Licht nennen, irgend ein Substrat, also irgend eine Materie zum Grunde liegen muß. Aber, was wir Licht nennen, ist nicht jenes Substrat, sondern das Werden selbst.

Hier sucht nun Schelling zu erklären, wie diese Ansicht des Lichts sich mit den chemischen Wirkungen desselben, so wie mit den optischen Phänomenen zusammenreimen.

2. Muß die Elektricität das seyn, was der Irritabilität in der Außenwelt entspricht. Hiebey führt er nun vorzüglich die galvanischen Erscheinungen an. Allein die Erfahrung hat nun schon einiges von Schelling hier angezeigte ganz widerlegt.

Es muß aber in der Außenwelt eine noch höhere Ursache geben, welche sich zur Elektricität eben so ver-

verhalten muß, wie Sensibilität zur Irritabilität. Denn die höchste in der Natur wirkende Ursache, die wir bis jetzt kennen, eben jene allgemeine dynamische Action setzt als Bedingung ihrer Thätigkeit schon ein dynamisches Außereinander, d. h. eine ursprüngliche Duplicität voraus. Es muß also über dieser Ursache eine höhere (als allgemeiner dynamischer Thätigkeitsquell) vorausgesetzt werden. Und so wird, wie Schelling zwar nur hypothetisch (also nicht physisch) behauptet,

3. der allgemeine Magnetismus das seyn, was der Sensibilität in der Außenwelt entspricht, oder dieselbe letzte Ursache, welche in der allgemeinen Natur Ursache des allgemeinen Magnetismus ist, wird Ursache der Sensibilität in der organischen Natur seyn, denn

a. so wie in der organischen Welt Sensibilität an der Grenze aller Erscheinungen steht, so in der allgemeinen Natur das, was der Sensibilität entspricht. Es muß für die allgemeine Natur eben das seyn, was die Sensibilität für die organische ist, d. h. allgemeiner dynamischer Thätigkeitsquell, und so wie der Sensibilität alle organische Kräfte untergeordnet sind, so dem ihr entsprechenden alle dynamischen Kräfte des Universums.

b. In dem, was der Sensibilität entspricht, muß in der ganzen nicht organischen Natur allein eigentlich Identität in der Duplicität und Duplicität in der Identität seyn; denn eben dieß ist das Unterscheidende alles Organismus.

Aber auch den ursprünglichsten Zustand der Natur müssen wir uns als einen Zustand der allgemeinen

nen Identität, und Homogeneität denken. Denn die ersten und höchsten Ursachen sind thätig nur unter Bedingung der Duplicität, und setzen sie schon voraus. Die Action der Schwere setzt wenigstens ein mechanisches, die allgemeine dynamische Action noch ein höheres dynamisches Außereinanderseyn voraus.

Was für eine Ursache auch diese sey, so sieht man doch so viel. — Was Quell aller Thätigkeit ist, ist selbst nicht mehr objektiv erkennbar. Es ist etwas absolut Nicht-objektives. Aber absolut-objektiv kann nur das seyn, was selbst Ursache alles Objektiven, d. h. Ursache der Natur selbst ist.

Allein was ist denn der Organismus, als die concentrirte Natur selbst, oder der allgemeine Organismus im Zustand seiner höchsten Contraktion? Es muß also eine letzte Ursache der Identität der letzten Ursache angenommen werden, wodurch organische und anorgische, d. h. die allgemeine Natur beseelt ist. Dieselbe Ursache also, welche den ersten Funken der Heterogeneität in die Natur geworfen hat, hat in sie auch den ersten Keim des Lebens geworfen, und was Thätigkeitsquell in der Natur überhaupt ist, ist auch Lebensquell in der Natur.

Dieselbe Ursache, welche verhindert, daß die Extreme der Natur in einander übergehen; und das Universum in eine Homogeneität zusammenschwinde, dieselbe verhindert auch das Erlöschen des Organismus und seinen Uebergang in den Zustand der Identität. Wie durch die absolute Duplicität alle, so ist durch die organische Duplicität die organische, Thätigkeit bedingt.

Es wird also eine gemeinschaftliche Ursache der allgemeinen und der organischen Duplicität postulirt.

Das

Das allgemeine, die gesammte Natur, umfassende, ebendeßwegen höchste Problem, ohne dessen Auflösung durch alles bisherige nichts erklärt ist, ist dieses:

Welches ist der allgemeine Thätigkeitsquell in der Natur? Welche Ursache hat in der Natur das erste dynamische Außereinander hervorgebracht? Oder welche Ursache hat zuerst in die allgemeine Ruhe der Natur den Keim zur Bewegung, in die allgemeine Identität Duplicität, in die allgemeine Homogeneität der Natur den ersten Funken der Heterogeneität geworfen?

In der organischen Welt ist Bildungstrieb, was in der anorgischen chemischer Prozeß ist. Aber auch die Bedingung des chemischen Prozesses ist eine allgemeine Heterogeneität, und er hat in so fern gleiche Bedingungen mit der Reproduktionskraft. Die Auflösung jener Aufgabe ist also zugleich als eine Theorie des chemischen Prozesses, und umgekehrt die Theorie des chemischen Prozesses als eine Auflösung jenes Problems anzusehen. Herr Schelling giebt nun folgende allgemeine Theorie des chemischen Prozesses.

Die Ursache, welche als in Irritabilität und Reproduktionskraft wirksam erkannt wird, kann nur unter der Bedingung der Duplicität als thätig erscheinen. Aber eine Ursache, deren Thätigkeit durch Duplicität bedingt ist, kann nur eine solche seyn, die auf Intussusception geht, weil diese ohne zwey Körperindividuen, die in ein identisches Subjekt übergehen, nicht denkbar ist. Die Tendenz jener Ursache muß also die Intussusception, und wenn Intussusception nur im chemischen Prozeß ist, muß sie Ursache alles chemischen Prozesses seyn.

Es

Es existirt also zwischen organischer und anorgischer Natur eine gleiche Abstufung, wie in der organischen Natur selbst zwischen den höhern und niedern Kräften. In der anorgischen Natur hat sich schon in die Elektricität verloren, was in der organischen Irritabilität, und schon in den chemischen Prozeß, was in der organischen Reproduktionskraft ist.

Die Ursache des chemischen Prozesses tendirt gegen Aufhebung aller Dualität. Es muß also in dem chemischen Prozeß absolute Intussusception seyn, d. h. Uebergang zweyer heterogener Körper in eine identische Raumerfüllung. Eine identische Raumerfüllung entsteht aber nicht, wo ein Körper nur durch den andern verbreitet ist, denn eine solche Verbreitung würde immer noch zwey Körper übrig lassen, sondern nur, wo die Individualität jedes einzelnen absolut aufgehoben und ein neuer Körper als ein gemeinschaftliches Produkt gebildet wird.

Intussusception ist also mechanisch schlechthin unmöglich, so etwa, wie der Atomistiker die Auflösung sich vorstellt, nach dessen Begriffen sie immer nur partiell ist, d. h. nur bis auf die kleinsten Theile der festen Körper, die in dem Auflösungsmittel, einander unendlich nahe, verbreitet sind, sich erstreckt. Abgesehen davon, daß diese Theorie auf dem Begriff der Materie als eines bloßen Aggregats von Theilen, deren Zusammenhang durch keine physische Kraft überwindlich ist, beruht; abgesehen ferner von den unnatürlichen Vorstellungen, zu welchen der Begriff einer mechanischen Auflösung führt, so kann doch eine solche, da sie nur die Oberflächen trifft, schlechterdings nicht Intussusception heißen, und wenn sie weiter gehen soll, ist sie nicht mehr mechanisch denkbar.

Viel-

Vielmehr da die Undurchdringlichkeit der Materie nur als Stillstand der Expansion und Contraktion gedacht werden kann, so kann keine Durchdringlichkeit als nur durch Wiederherstellung jenes Wechsels, d. h. durch gestörtes Gleichgewicht der expansiven und compressiven Kräfte der Materie, gedacht werden. Denn da zwey Materien sich nicht durchdringen können, ohne eine Materie zu werden, so muß jede einzelne gleichsam aufhören, Materie, d. h. eine gleichförmige Raumerfüllung zu seyn, die Materie muß in den Zustand des ursprünglichen Werdens zurückgesetzt werden.

Aus diesem Begriff des chemischen Prozesses folgt, daß, da in demselben eine vollkommene Durchdringung vorgeht, die Ursache desselben nicht wieder eine dem chemischen Prozeß selbst unterworfene Ursache und da Körperindividuen derselben Sphäre für einander nothwendig ein mechanisches Außereinander bilden, eine Ursache aus einer höhern Sphäre seyn muß, für welche Substanzen der niedern nicht, wie für einander undurchdringlich, sondern penetrabel sind.

Die erste Folge aus den abgeleiteten Grundsätzen ist, daß der chemische Prozeß nur zwischen heterogenen Körpern möglich ist, und daß, wenn es eine Intussusception zwischen homogenen Körpern giebt, eine solche nicht chemischer Art seyn kann. Die erste Aufgabe einer Theorie des chemischen Prozesses ist also: die Heterogeneität, welche Bedingung desselben ist, in der Natur abzuleiten.

Vorerst versteht sichs, daß, da jede Heterogeneität nothwendig eine bestimmte, dieser Begriff aber ein bloßer Verhältnißbegriff ist, es gewisse fixirte Beziehungspunkte aller Qualität geben muß, daß sonach

der chemische Prozeß nothwendig ein begrenzter ist, d. h. ein äußerstes hat, über das er nicht hinaus kann. Denn hätte der chemische Prozeß nicht ein solches Aeußerstes, durch das er begrenzt wird, so hätte er auch keinen Punkt, von dem er anfangen könnte. Aber daß der chemische Prozeß irgendwo anfängt, macht allein bestimmte chemische Produkte möglich. Fienge er nirgends an und stünde er nirgends stille, so würde ein allgemeines Verfließen aller Qualitäten in einander statt finden, d. h. es würde überhaupt keine bestimmte Qualität in der Natur vorkommen.

Wie nun der chemische Prozeß im Universum überhaupt ein begrenzter werde, ist durch die Theorie der Weltbildung vorerst erklärt, in so fern nämlich nach derselben die Organisation im Gravitationssysteme zugleich eine dynamische Organisation des Universums ist, und durch die allgemeine Schwerkraft eine gewisse Grenze der allgemeinen Evolution bestimmt ist.

Wie aber der chemische Prozeß des einzelnen Weltkörpers (z. B. der Erde) begrenzt werde, muß aufgezeigt werden können, durch Aufzeigung der Hemmungspunkte, bey welchen alle Evolution der Erde still steht.

Da das Gehemmtseyn etwas lediglich Negatives ist, so muß auch von jenen Hemmungspunkten eine lediglich negative Darstellung möglich seyn. Sie werden bezeichnet seyn durch das, dessen Zusammensetzung keine chemische Potenz dieser bestimmten Sphäre überwältigen kann, d. h. durch das Indecomponible. Nun ist aber das Indecomponible in der Natur überhaupt nur dadurch möglich, daß es zugleich das

Com-

Componible ist, denn sonst würde die Materie in lauter Extreme sich verlieren. Aber das Componibelste erkennt man nur daran, daß es einzeln nicht darstellbar ist. Der eigentliche Begriff für jenes Negative ist also der Begriff der Nichtdarstellbarkeit, und nichts mehr und nichts weniger ist unter dem Begriff des Stoffs zu denken.

In dem Begriff des Stoffs kann also nicht der Begriff des Einfachen gedacht werden. Was für die Chemie Stoff ist, ist Materie, wie jede andere, nur daß es eine in höherm Grade componible, ebendeßwegen nicht einzeln darstellbare Materie ist. Es zeigt sich damit zugleich, daß der Begriff des Einfachen in der Natur überhaupt ein Scheinbegriff ist. Da ein mechanisch-Einfaches undenkbar ist; so könnte nur ein dynamisch-Einfaches, etwas, das nicht mehr Produkt, sondern lediglich produktiv ist, gedacht werden. Ein solches ist oben durch den Begriff der einfachen Action bezeichnet worden, und da in der Natur ein unendliches Produkt sich evolvirt, so kann man, wenn die Evolution als wirklich vollendet gedacht wird, sich als die Elemente der Natur nur eine unendliche Mannigfaltigkeit einfacher Actionen denken. Allein es kommt in der Natur nicht zur absoluten Evolution, die Voraussetzung ist also falsch, mithin auch das daraus geschlossene, es existirt in der Natur kein einfaches, und weil ins Unendliche alles Produkt ist, auch nicht das dynamisch-Einfache, oder das rein-Produktive. Die ursprünglichsten Hemmungspunkte in der Natur sind also auch nicht durch einfache Actionen, sondern durch reelle Produkte bezeichnet, die sich nicht weiter evolviren können, und die einfachen Actionen sind nur die idealen Faktoren der Materie.

Im Begriff des Stoffs wird das Componibelste gedacht. Aber jede Composition erfordert zwey Faktoren. Es müßte also in der Natur ein Componibles entgegengesetzter Art existiren. Das absolut-Componible soll den Prozeß der Erde begrenzen; er müßte also nach entgegengesetzten Richtungen begrenzt seyn. Vorerst können keine Grenzen gedacht werden, als die der Evolution der Erde überhaupt. Es ist ein absolut-Hemmendes in den Qualitätsbestimmungen der Erde. Dieses Hemmende überhaupt ist das einzige wahre unzerlegbare, chemisch unüberwindliche. Was also einzelne Substanzen, die an dieser Grenze stehen, unzerlegbar macht, ist nicht ihre Einfachheit, sondern jenes negative Princip der Erde, was ihnen allen gemeinschaftlich sich mittheilt, und das man, dem ursprünglichen Begriff seiner Erfinder gemäß, das Phlogiston nennen kann.

Da aber das Indecomponible nur als Componibles in der Natur existiren kann, so wird ein jenem Princip entgegenwirkendes positives Princip auf die Natur wirken müssen, das, weil durch jenes negative zugleich die Gestalt fixirt ist, sich als ein aller Gestalt feindseliges Princip darstellen wird (Wärme). Aber dieses Princip wird ein nur durch fremde Influenz gewecktes Princip seyn.

Aber diesem Indecomponiblen muß ein Indecomponibles anderer Art entgegenstehen. Wenn jedes chemische Produkt ein gemeinschaftliches aus heterogenen ist, so müssen die Faktoren des Produkts sich in Bezug auf das Produkt entgegengesetzt seyn. Nun ist aber alle Materie der Erde eigentlich nur ein Faktor Eines höhern Produkts. Denn wenn das Universum durch ein unendliches Zerfallen eines Urprodukts in immer neue

Fakto-

Faktoren sich gebildet hat, so kann jeder einzelne Faktor nur = Einem, und was zu ihm gehört, muß homogen seyn. Aber die Bedingung des chemischen Prozesses ist Heterogeneität. Sind also alle Materien der Erde = Einer Materie, so ist zwischen ihnen auch keine reelle Entgegensetzung, also auch kein chemischer Prozeß möglich.

Soll ein chemischer Prozeß möglich seyn, so muß der eine Faktor desselben eine Materie seyn, die aller Materie der Erde gemeinschaftlich entgegengesetzt ist, und in Bezug auf welche alle Materie der Erde nur Einem Faktor gleich gilt. Ist es nur dieser Eine aller Materie der Erde entgegengesetzte Faktor, der allen chemischen Prozeß möglich macht, so muß auch zwischen Materien der Erde kein chemischer Prozeß möglich seyn, als nur ein durch jenen einen beständigen Faktor vermittelter, d. h. nur in so fern, als irgend ein Körper aus der Verwandtschaftssphäre der Erde Repräsentant jenes Princips ist. Jenes Princip muß also Mittelglied aller chemischen Affinität, und alles chemischen Prozesses, und ebendeßwegen auch idealer Beziehungspunkt aller Qualitätsbestimmung seyn.

Da jener Eine Faktor aller Materie der Erde gemeinschaftlich entgegengesetzt ist, so wird er zwar mittelbar oder unmittelbar in jeden dynamischen Prozeß der Erde eingreifen, aber er kann ebendeßwegen nicht wieder Produkt aus der Verwandtschaftssphäre der Erde, er muß Produkt der höhern Verwandtschaftssphäre, d. h. ein Produkt der Sonne seyn, und in so fern ist die Sonne die letzte Ursache alles chemischen Prozesses der Erde.

Es folgt von selbst, daß dieses Princip, da es kein Produkt der Erde ist, auch durch keine Substanz der Erde reducibel, also ein absolut-unzerlegbares, ebendeßwegen aber zugleich ein schlechthin componibles seyn muß. Das nothwendige Daseyn eines solchen Princips stellt sich in der Erfahrung als dasjenige dar, was die neuere Chemie den Sauerstoff nennt. Dieß Princip könnte entweder nur das mittelbar — oder das unmittelbar — Bestimmende im dynamischen Prozeß der Erde seyn. Im ersten Falle müßte ein Körper vermöge seines Verhältnisses zu ihm als sein Repräsentant auftreten; es ist oben abgeleitet worden, daß dieses im elektrischen Prozeß geschieht. Im andern Falle würde der Sauerstoff in den Prozeß selbst eingreifen, entweder mittelbar durch einen Körper, mit dem er sich identisirt, oder unmittelbar. Im letztern Falle, da er nur das Mittelglied ist, was die beyden entgegengesetzten Affinitätssphären der Erde und der Sonne trennt, müßte, sobald es verschwindet, die höhere Affinitätssphäre, welche er im Gegensatz gegen die Erde repräsentirt, selbst in ihrem Phänomen, dem Licht hervortreten, d. h. es müßte ein Verbrennungsprozeß statt finden. Wie ein Erdkörper Selbstquell des Lichts werden könne, läßt sich gar nicht anders begreifen, als durch diese Aufhebung oder Oeffnung eines Mittelgliedes, wodurch beyde Affinitätssphären getrennt sind.

Der Sauerstoff ist also Bedingung des elektrischen Prozesses, weil Elektricität nur unter der Bedingung der Trennung entgegengesetzter Affinitätssphären möglich, und der Sauerstoff nur das Trennende ist. Er ist Bedingung des Verbrennungsprozesses, weil dieser einen Uebergang beyder in einander voraus-

aussetzt. Aber kein Uebergang ohne Trennung. Beyde Prozesse beruhen also auf demselben Grundsatz, nur daß dieser Gegensatz, der bey jenem ein vermittelter ist, bey diesem ein unvermittelter wird.

Da nun der Sauerstoff gegen die Erde nur die höhere Affinitätssphäre repräsentirt, so hat er im Verbrennungsprozeß im Grunde dieselbe Funktion, die der positive Körper im elektrischen Prozeß hat. Denn so wie dieser nur Repräsentant des Sauerstoffs ist, so jener nur Repräsentant einer höhern Affinität, (der Erde zur Sonne). Und so wie das Bestimmende im elektrischen Prozeß nur der Sauerstoff ist, so ist es im Verbrennungsprozeß nur die höhere Affinität der Sonne.

Da nun diese höhere Affinität im Verbrennungsprozesse als Licht sich offenbart, so wie sie im elektrischen Prozeß erst als Sauerstoff hervortreten muß, so kann man sagen, daß der Sauerstoff selbst wieder nur Repräsentant eines höhern Princips, und zwar des Lichts sey.

Und daß der Sauerstoff allen Substanzen der Erde gemeinschaftlich entgegengesetzt ist, d. h. daß alle mit ihm verbrennen, während er mit keiner andern verbrennt, ist selbst nur dadurch möglich, daß er kein höheres in dem Verwandtschaftskreis der Erde hat, womit er verbrennt. Es ist nothwendig, daß die absolut unverbrennliche Substanz in Bezug auf ein höheres System entweder eine verbrannte sey, oder die im höchsten Grad verbrennliche des untergeordneten Systems. Alle Substanzen der Erde verbrennen also, indem sie sich mit dem Sauerstoff verbinden, mittelbar durch ihn mit einem höhern Princip.

Und so führt uns der Verbrennungsprozeß auf eine ins Unendliche zurückgehende Heterogeneität, denn was wird endlich im Universum das absolut unverbrennliche seyn, mit dem zuletzt alles, und das mit nichts mehr verbrennt? — Man sieht, daß diese Kette durch beständige Vermittelung ins Unendliche zurückreicht, und daß so, da aller chemischer Prozeß reducibel ist auf den Verbrennungsprozeß, jeder chemische Prozeß bedingt ist durch die letzten Faktoren des Universums, deren Uebergehen in einander die absolute Homogeneität herbeyführen würde.

Die chemischen Erscheinungen also, eben so wie die organischen, treiben uns auf die Frage nach dem letzten Ursprunge aller Duplicität. Der eine Faktor des chemischen Prozesses fällt immer außerhalb des einzelnen Produkts (z. B. der Erde), er fällt in ein höheres Produkt; aber für den chemischen Prozeß dieser höhern Sphäre fällt sein Einer, unveränderlicher Faktor, wieder in eine höhere Ordnung und so ins Unendliche.

Es ist also ein allgemeiner Dualismus, der durch die ganze Natur geht, und die einzelnen Gegensätze, die wir im Universum erblicken, sind nur Sprößlinge jenes einen Urgegensatzes, zwischen welchen das Universum selbst fällt.

Aber was hat denn jenen Urgegensatz selbst hervorgerufen, hervorgerufen aus der allgemeinen Identität der Natur? Denn ist die Natur die absolute Totalität, so kann ihr auch nichts entgegengesetzt seyn, denn alles fällt in ihre Sphäre und nichts außerhalb derselben. Es ist unmöglich, daß dieses Unbegrenzte sich in ein Endliches für die Anschauung verwandle, als nur in so fern es sich selbst Objekt, d. h. in seiner Unendlichkeit endlich wird.

Jener

Jener Gegensatz also muß angenommen werden, als entsprungen aus allgemeiner Identität. Dadurch sehen wir uns gedrungen auf eine Ursache, die Heterogeneität nicht mehr voraussetzt, sondern selbst hervorbringt.

Aber Heterogeneität hervorbringen heißt: Duplicität in der Identität schaffen. Aber Duplicität ist auch nur in der Identität erkennbar. Die Identität muß also aus der Duplicität selbst wieder hervorgehen.

Aber Einheit in der Entzweyung ist nur da, wo das Heterogene sich anzieht, und Entzweyung in der Einheit nur, wo das Homogene sich zurückstößt. Beydes coexistirt nothwendig, das Homogene flieht sich nur, in so fern das Heterogene sich sucht, und das Heterogene sucht sich nur, in so fern das Homogene sich flieht. Aber dieses Hervorbringen des Heterogenen aus dem Homogenen, und des Homogenen aus dem Heterogenen erblicken wir am ursprünglichsten in den Erscheinungen des Magnetismus. Die Ursache des allgemeinen Magnetismus wäre also auch die Ursache der allgemeinen Heterogeneität in der Homogeneität und der Homogeneität in der Heterogeneität.

Da Heterogeneität Quell der Thätigkeit und der Bewegung ist, so wäre die Ursache des allgemeinen Magnetismus auch letzte Ursache aller Thätigkeit in der Natur, der ursprüngliche Magnetismus also für die allgemeine Natur, was die Sensibilität für die organische ist — dynamischer Thätigkeitsquell: denn im Gebiet des Mechanismus sieht man die Bewegung aus Bewegung entspringen. Aber was ist denn der erste Quell aller Bewegung? es kann nicht wie-

der Bewegung seyn; es muß das entgegengesetzte von Bewegung seyn. Bewegung muß aus Ruhe hervorquellen. So wie im chemischen Prozeß, wo nicht der bewegte Körper den ruhenden oder bewegten, sondern der ruhende den ruhenden bewegt. Eben so im Organismus, wo keine Bewegung unmittelbar wieder Bewegung hervorbringt, sondern wo jede Bewegung vermittelt ist durch Ruhe.

Es folgt also, daß

a. der Magnetismus eben so wie die Sensibilität an der Grenze der organischen, an der Grenze der allgemeinen Naturerscheinungen stehe, d. h. daß keine Naturerscheinung existire, aus welcher er abgeleitet werden könnte, werde jeder zugeben. Denn die einzigen Erscheinungen, aus welchen ihn abzuleiten jemand versucht werden könnte, die elektrischen, haben außer der Wirkung durch Vertheilung mit den magnetischen nichts gemeinschaftliches, und diese eben ist der höhere Faktor im elektrischen Prozeß — übrigens kann man zwar jeder magnetischen Erscheinung eine elektrische, nicht aber jeder elektrischen eine magnetische entgegenstellen. Dieß, und das zwar jeder magnetische Körper elektrisch, nicht aber jeder elektrische magnetisch ist, beweiset, daß der Magnetismus eine ihrer Ausdehnung nach viel eingeschränktere Kraft, und daß ebendeßwegen der Magnetismus, nicht sowohl der Elektricität, als die Elektricität dem Magnetismus untergeordnet ist.

b. Daß im Magnetismus, dem allgemeinen sowohl als dem speciellen einzelner Substanzen die ursprünglichste Identität in der Duplicität und umgekehrt sey, sey zu klar, um weitläuftig bewiesen zu werden.

Diese

Diese Identität der Sensibilität und des Magnetismus in Ansehung ihrer Ursache vorausgesetzt, so muß der Magnetismus eben so wie die Sensibilität das Bestimmende aller organischen Kräfte, das Bestimmende aller dynamischen Kräfte seyn.

Um diesen Satz zur vollen Evidenz zu erheben, bedarf es nur des Beweises, daß in der allgemeinen Natur nicht nur dieselbe Gradation der Kräfte, wie in der organischen sey, sondern auch, daß diese Gradation in der allgemeinen und der organischen Natur derselben Proportion, und denselben Gesetzen folge.

Für die Gradation der Kräfte in der organischen Natur fand sich folgende Proportion. Am reichlichsten ist die Reproduktionskraft; sparsamer die Irritabilität, am sparsamsten aber das höchste, die Sensibilität.

Aber Hr. Schelling fragt, was ist denn auch in der organischen Welt sparsamer ausgestreuet, als die magnetische Kraft, die wir nur an wenigen Substanzen wahrnehmen? Die Zahl in hohem Grade elektrischer Körper mehrt sich schon außerordentlich, und es ist kein Körper, der absolut unelektrisch wäre, wie keine Organisation absolut irritabel ist. Dagegen die chemische Eigenschaft allen Körpern eigen ist.

Ferner, jeder magnetische Körper ist auch elektrisch und chemisch, so wie keine Organisation, der Sensibilität zu Theil wurde, der Irritabilität oder Reproduktionskraft entbehrt. Aber nicht jeder elektrische Körper ist auch magnetisch, so wie nicht jede Organisation, die Spuren von Irritabilität zeigt, auch Sensibilität hat.

Aber Reproduktionskraft ist auch Irritabilität, Irritabilität auch Sensibilität. In der Pflanze z. B. hat sich nur für die Erscheinung schon in Reproduktionskraft verloren, was beym Thier noch Irritabilität ist, und beym niedern Thier für die Erscheinung nur in Irritabilität, was beym höhern noch als Sensibilität unterschieden wird. Aber eben so hat sich beym chemischen Körper für die Erscheinung schon in chemischen Prozeß verloren, was beym elektrischen noch Elektricität, was beym magnetischen noch Magnetismus ist. Aber der Magnetismus ist so allgemein in der allgemeinen Natur, als die Sensibilität in der organischen, die auch der Pflanze zukommt. Aufgehoben ist er in einzelnen Substanzen nur für die Erscheinung; in den unmagnetischen Substanzen verliert sich unmittelbar in Elektricität, was bey den magnetischen noch als Magnetismus unterschieden wird, so wie bey den Pflanzen unmittelbar in Zusammenziehungen sich verliert, was beym Thier noch als Sensation unterschieden wird.

Es fehle also nur an den Mitteln, um den Magnetismus der sogenannten unmagnetischen Substanzen zu erkennen, und zu verhindern, daß sich nicht in Elektricität oder chemischen Prozeß verliert, was auf der höhern Stufe als Magnetismus erscheint.

Sieht man ferner auf den Mechanismus jener Stufenfolge, so wie sie für die organische Natur bestimmt wurde, so ergiebt sich folgendes:

Es ist eine Ursache, die sich allmählig aus der einen Funktion in die andere verliert. Sensibilität geht in Irritabilität über, dieß ist nicht möglich, als wenn beyde einen Faktor wenigstens gemein haben. In der Erscheinung ist es das System der Nerven, die

die Organe beyder zugleich sind. Wo der höhere Faktor der Sensibilität allmählig verschwindet, und der niedere allmählich das Uebergewicht erlangt, fängt auch Sensibilität an, in Irritabilität sich zu verlieren.

Aber eben so müssen auch Irritabilität und Reproduktionskraft einen Faktor wenigstens gemein haben; denn wie könnte sonst jene in diese übergehen? Aber so sey es auch. Der eine Faktor der Irritabilität, jener Wechsel von Expansion und Contraktion, ist auch Bedingung der Reproduktionskraft, und eben da, wo Irritabilität in Reproduktionskraft übergeht, sieht man auch den einen Faktor der Irritabilität verschwinden. Es ist allgemeines Gesetz, daß die Reproduktionskraft einzelner Theile, z. B. das umgekehrte Verhältniß ihrer Abhängigkeit von den Nerven beobachtet. Soll also Irritabilität Reproduktionskraft werden, so muß ihr höherer Faktor verschwinden, und umgekehrt, wo von der Irritabilität nur der niedere Faktor noch übrig ist, wird sie zur Reproduktionskraft.

Es kann also als allgemeines Gesetz für diese Stufenfolge aufgestellt werden: die höhere Funktion verliert sich in die untergeordnete dadurch, daß ihr höherer Faktor verschwindet, und der niedere höherer Faktor der untergeordneten Kraft wird.

Dieses Gesetz übergetragen auf die dynamische Stufenfolge in der allgemeinen Natur, so ist der Magnetismus der Heterogeneität hervorbringende, durch Vertheilung wirkende. Und was in den Irritabilitätserscheinungen jener Wechsel von Contraktion und Expansion ist, das ist in den Elektricitätserscheinungen der Wechsel von Anziehung und Zurückstoßung. Die Anziehung geschieht vermöge des

höhern

höhern Faktors der Elektricität, die Zurückstoßung vermöge des niedern Faktors, nämlich der Mittheilung homogener Elektricität. Aber eben jener Wechsel von Expansion und Contraktion ist auch Bedingung der Möglichkeit alles chemischen Prozesses. Denn nur vermöge eines Wechsels expansiver und compressiver Kräfte können zwey verschiedene Körper in eine identische Raumerfüllung übergehen. Nun setze man aber, daß jener höhere Faktor verschwinde, so wird die Bewegung entweder in Contraktion, oder in Expansion stillstehen, — und das caput mortuum ist — eine gleichförmige Raumerfüllung = todter Materie.

Es sind also die letzten Regungen der organischen Kraft, die wir in den chemischen Bewegungen der Körper erblicken, und es ist eine Kraft, die den zusammengesetzten Thierkörper wie den chemischen contrahirt.

Wenn nun allgemeine Analogien überhaupt beweisende Kraft haben, so ist kein Zweifel, daß dem Magnetismus dieselbe Funktion für die allgemeine Natur zugeschrieben werden muß, die wir der unbekannten Ursache der Sensibilität für die organische zuschreiben. Durch den Magnetismus ist zuerst alle Dualität in die Natur gekommen. Da nun die allgemeine Dualität in den Organismus nur als in ihre engste Sphäre sich zurückzieht, so ist die letzte Ursache aller Dualität für den Organismus dieselbe, wie für die allgemeine Natur.

Da der allgemeine Organismus im Weltsystem nun im Zustand seiner größten Expansion erscheint, so wird der Magnetismus das dem Universum Inwohnende seyn, was macht, daß, wie im einzelnen Organismus, jede Wirkung auf den Theil auf das

Gan-

Ganze sich fortpflanzt. Die Eindrücke, die das Universum in der allgemeinen Wechselwirkung beständig erhält, verlieren sich in Bewegungen, die nur an reagirenden Substanzen erkennbar sind. — Aber, fragt Schelling, warum ist die Magnetnadel sensibel für jede beträchtliche Naturveränderung, für das elektrische Licht, das am entgegengesetzten Pol leuchtet, oder einen vulkanischen Ausbruch der andern Hemisphäre? — Wo also ein Glied in der großen dynamischen Organisation gestört wird, reagirt das Ganze. Ein Lichtgewitter, das jetzt in der Sonne aufsteigt, kann binnen acht Minuten bey uns einschlagen, sage Lichtenberg; aber was sey das sogenannte Anzünden eines Feuers anders, als ein solches Einschlagen des Lichtgewitters der Sonne?

Nach dem bisherigen sey wohl nicht zweifelhaft, daß der Magnetismus für die allgemeine Natur dieselbe Funktion habe, wie die Sensibilität für die organische Natur. Daß er Ursache der allgemeinen Heterogeneität, und so das Bestimmende in aller durch Heterogeneität bedingten Thätigkeit sey, sey bewiesen, aber nicht gezeigt, wie er es sey.

Begreiflich sey, wie durch den Magnetismus ein ursprünglicher Gegensatz in die Natur gekommen. Allein es frage sich, wie aus diesem einen ursprünglichen Gegensatz alle einzelnen Gegensätze in der Natur sich entwickelt haben?

Es sollte hier a priori abgeleitet werden, daß es ein und derselbe Dualismus ist, der von der magnetischen Polarität an durch die elektrischen Erscheinungen endlich selbst in die chemischen Heterogeneitäten sich verliert, und zuletzt in der organischen Natur wieder zum Vorschein kommt. Die Frage ist

also:

also: wie jener eine Gegensatz in so mannigfaltige Gegensätze sich ausgebreitet habe?

Wenn der Magnetismus in der Natur den ersten Gegensatz gebracht hat, so war dadurch zugleich der Keim einer unendlichen Evolution, der Keim jenes unendlichen Zerfallens in immer neue Produkte, ins Universum gelegt. Diese Evolution, welche eben postulirt ist, als vollendet angenommen, so ist eben dadurch jener Gegensatz als fortdauernd, die Faktoren, die sich in ihm trennten, als ins Unendliche getrennt und immer wieder sich trennend gesetzt. Woran soll aber das Fortwirken jener Heterogeneität nicht voraussetzenden, sondern hervorbringenden, Ursache in der Natur erkannt werden? Wir kennen keine Hervorbringung von Heterogeneität, als durch das, was Vertheilung genennt wird. Ist also das Universum evolvirt, so wird jene Ursache der Heterogeneität durch von Produkt zu Produkt sich fortpflanzende Vertheilung die allgemeine Heterogeneität unterhalten. Diese Vertheilung, die wechselseitig ausgeübt wird, wird nicht nur Bedingung der Gravitation in jedem System, sondern auch — das allgemein Bestimmende des dynamischen Prozesses seyn.

Durch jede Wirkung mittelst der Vertheilung werden entgegengesetzte Kräfte geweckt. Diese aber, da sie sich das Gleichgewicht halten, bringen einen Indifferenzzustand hervor, und in diesem Zustand der Indifferenz befindet sich eigentlich alle Materie der Erde, ehe sie der Einwirkung des Magnetismus ausgesetzt, oder in elektrischen oder chemischen Conflikt gebracht wird. Jener Zustand der Indifferenz wird erscheinen als ein Zustand der Homogeneität. Aber ein solcher homogener Zustand existirt auch in der dynami-

namischen Sphäre in Ansehung ihrer Qualitäten. Dieser homogene Zustand ist aber nicht ein Zustand absoluter Homogeneität, er ist nur Zustand der Indifferenz. Nur diese beständige Einwirkung von außen durch Vertheilung, indem sie diesen homogenen Zustand der Qualität unterhält, macht auch eine Aufhebung des Indifferenzzustandes, d. h. den dynamischen und insbesondere den chemischen Prozeß möglich. Denn jeder Körper, der dem chemischen Prozeß unterworfen ist, muß in sich selbst entzweyet werden; ohne diese Entzweyung im Homogenen selbst läßt sich keine Auflösung — läßt sich jenes Wechselspiel von Expansion und Contraktion, ohne welches kein chemischer Prozeß möglich ist, gar nicht denken. Um den chemischen Prozeß construiren zu können, muß jene oben vorausgesetzte Homogeneität der Qualität selbst noch in Duplicität aufgelöset werden. Sie ist nur magnetische Indifferenz. Darum muß der Magnetismus als allgemein und nur für die Erscheinung anfgehoben gesetzt werden. Könnte also jene Einwirkung von außen aufhören, so würden die Substanzen der Erde im dynamischen Prozeß völlig unthätig seyn, wie das Eisen unthätig ist, ehe der Magnet darauf gewirkt hat — es wäre also auch keine Qualitätsdifferenz erkennbar —.

Die Einwirkung der Sonne durch Vertheilung bringt zwar in der dynamischen Sphäre der Erde Polarität hervor, aber das Produkt dieser Polarität ist ein allgemeiner Indifferenzzustand. Im Universum ist zwar eine allgemeine Heterogeneität, aber jedes einzelne Produkt ist unter sich homogen. Soll ein dynamischer Prozeß seyn, so muß die Materie aus dem Indifferenzpunkt gesetzt werden. Dieß ist nach

nach Schelling durch Mittheilung möglich. Wenn nämlich zwischen Sonne und Erde wirklich eine Mittheilung statt findet, so wird die Sonne der Erde dadurch etwas Homogenes mittheilen, wie ein elektrisirter Körper dem nicht elektrisirten homogene Elektricität mittheilt. — Durch diese Mittheilung also kommt in das untergeordnete Produkt Heterogeneität, und mit ihr die Bedingung des elektrischen und chemischen Prozesses.

Jeder dynamische Prozeß beginnt nur mit dem Conflikt des ursprünglich Heterogenen. Wo das Homogene sein Heterogenes berührt, wird es aus den Indifferenzpunkt gesetzt. Homogeneität ist durch die ganze Natur nur Ausdruck eines Indifferenzzustandes, weil Homogeneität nur aus Heterogeneität hervorgehen kann. Dadurch wird der dynamische Prozeß gegründet, der nicht eher stillstehen kann, als mit der absoluten Intussusception des Heterogenen, d. h. mit der absoluten Aufhebung seiner Bedingung.

Es ist also eine Ursache, die in die Natur den ursprünglichen Gegensatz gebracht hat, diese Ursache kann man durch die Ursache des ursprünglichen Magnetismus bezeichnen.

Durch diese Ursache ist eine im Universum ins Unendliche sich erstreckende Wirkung durch Vertheilung, durch diese ein Indifferenzzustand für jedes einzelne Produkt, durch diesen Indifferenzzustand die Möglichkeit einer Differenz im Homogenen, dadurch die Möglichkeit eines dynamischen Prozesses, und insbesondere des chemischen, als einer Auflösung des Heterogenen im Heterogenen bedingt.

Die Wirklichkeit des dynamischen Prozesses für jedes einzelne Produkt ist bedingt durch Mittheilung, welche

welche im Universum ins Unendliche statt hat, und deren allgemeines Medium für den uns bekannten Theil des Universums das Licht ist.

Die dynamische Organisation des Universums ist abgeleitet; nicht aber das Gerüste derselben. Jene Organisation setzt eine Evolution des Universums aus einem ursprünglichen Produkt, ein Zerfallen dieses Produkts in immer neue Produkte voraus. Der Grund dieses unendlichen Zerfallens soll in die Natur durch eine ursprüngliche Dualität gelegt worden seyn, und diese Entzweyung muß angesehen werden, als entstanden in einem ursprünglichen Identischen, welches aber nicht denkbar ist, wenn nicht jenes Identische als eine absolute Involution, als ein dynamisch unendliches gesetzt wird; denn alsdenn war in das Produkt mit einem Zwiespalt eine unendliche Tendenz zur Evolution geworfen. — Diese unendliche Tendenz wird für die Anschauung eine Tendenz zur Evolution mit unendlicher Geschwindigkeit seyn. In dieser Evolution würde also nichts unterschieden werden, d. h. kein Moment der Zeit wäre auf bestimmte Art erfüllt, wenn nicht in dieser Reihe ein Retardirendes wäre, was jener Tendenz das Gleichgewicht hielte. Die Evolution der Natur mit endlicher Geschwindigkeit setzt also als letzte Faktoren eine accelerirende und retardirende Kraft voraus, die beyde an sich unendlich, und nur wechselseitig durch einander begrenzt sind. Vermöge der wechselseitigen Einschränkung dieser Kräfte wird es in keinem gegebenen Moment zur absoluten Evolution kommen.

Käme es zur absoluten Evolution, so würde die Natur nichts, als ein absolutes Außereinander darbieten. Da nun das absolute Außereinander nur der abso-

absolute Raum ist, so führt die accelerirende Kraft in ihrer Uneingeschränktheit gedacht auf die Idee des unendlichen Raums.

Wäre dagegen die retardirende Kraft uneingeschränkt, so würde für die Anschauung nur ein absolutes Ineinander, und ein Ineinander im Außereinander — vorerst also ein in der Evolution nur Begriffenes — zwischen absoluter Evolution und Involution Schwebendes seyn.

Da die Tendenz zur Evolution eine ursprünglich unendliche ist, nach der Voraussetzung, so muß sie gedacht werden, als eine Kraft, die in unendlich kleiner Zeit einen unendlich großen Raum erfüllen würde. Läßt man nun den Raum ins Unendliche steigen, oder die Zeit ins Unendliche fallen, so hat man in beyden Fällen das Unendlichgroße.

Die retardirende Kraft also, als die entgegengesetzte, muß gedacht werden, als diejenige, welche die expansive eine endliche Zeit hindurch in einem endlichen Raum erhält.

Keine von beyden Kräften würde für sich eine reale Raumerfüllung zu Stande bringen. Könnte die Expansivkraft in unendlich kleiner Zeit einen unendlich großen Raum durchlaufen, so würde sie in keinem Theile des Raums auch nur einen Moment weilen, den Raum also nirgends erfüllen. Je mehr das Gegengewicht der retardirenden Kraft steigt, desto längere Zeit hindurch wird die expansive Tendenz in jedem Punkt des Raums weilen, den Raum also im höhern Grade erfüllen. So sind verschiedene Dichtigkeitsgrade möglich.

Die

Die Materie ist also nicht sowohl Raumerfüllung, als ein Raumerfüllen, und zwar ein Erfüllen mit bestimmter Geschwindigkeit. Denn da das Maaß der einen jener Kräfte der erfüllte Raum, das der andern die erfüllte Zeit ist, so ist ihr Verhältniß $= \frac{S}{T} = C$, und die verschiedenen Dichtigkeitsgrade nur verschiedene Geschwindigkeiten der Raumerfüllung.

Das absolut Elastische ist, was mit unendlicher Geschwindigkeit, das absolut Dichte, was mit unendlicher Tardität den Raum erfüllt; keines von beyden existirt in der Natur.

Durch die beyden abgeleiteten Kräfte ist zwar die endliche Geschwindigkeit der Evolution überhaupt abgeleitet, d. h. es ist erklärt, wie die Natur für jeden einzelnen Moment der Zeit ein bestimmtes Produkt ist, nicht aber wie sie es für jeden Moment des Raums ist. Aber die Evolution soll nicht nur mit endlicher Geschwindigkeit geschehen, sie muß schlechthin gehemmt — d. h. an bestimmten Punkten gehemmt werden; denn sonst würde die Evolution zwar nur in unendlicher Zeit vollendet seyn, aber die Evolution wäre fortgehend, die Natur ein unendlich wandelbares, zwar für jeden Moment der Zeit, aber nicht für alle Zeit fixirtes und bestimmtes Produkt.

Die Kraft also, worauf eine absolute Grenze der Evolution, eine Bestimmtheit des Produkts für jeden Moment des Raums in die Natur kommt, muß eine von der Kraft, welche nur die Geschwindigkeit der Evolution und die Bestimmtheit des Produkts für jeden Moment der Zeit bestimmt, verschiedene und unabhängige Kraft seyn.

Es ist aber keine Kraft, durch welche eine ursprüngliche Grenze in den Raum gesezt würde, als die allgemeine Schwerkraft. Es muß also zu jenen beyden Kräften diese als die dritte, wodurch erst die Natur ein permanentes und für alle Zeit fixirtes Produkt wird, hinzugefügt werden.

Erst von diesem Standpunkte aus kann die Natur als Produkt angesehen werden, so wie ihn Kant genommen habe. Was Schelling accelerirende Kraft genennt hat, entspricht Kant's Repulsivkraft, und was jener retardirende Kraft nennt, des leztern Attraktivkraft, mit dem Unterschiede, daß Kant unter der leztern auch Schwerkraft begreift, und so mit zwey Kräften die Construktion der Materie vollendet glaube. — Vollendet

1. in so fern er auch alle Qualitätsdifferenz als reducibel auf ein veränderliches Verhältniß jener Kräfte anzusehen scheint, was zwar die Mechanik, welche die Materie überhaupt nur als Raumerfüllung kenne, nicht aber die höhere Dynamik anerkenne — (nach jener müßte, wenigstens durch dynamische z. B. chemische Veränderung des ursprünglichen Verhältnisses jener Kräfte, jede Materie in jede andere verwandelbar seyn. Aber alle Qualität sey bestimmt durch etwas weit höheres als den bloßen Dichtigkeitsgrad).

2. in wie fern Kant das, was er Attraktivkraft nenne, und was in seiner Construktion der Materie das Dichtigkeitsbestimmende sey, als identisch annehme mit der Schwerkraft, welche Identität aber schon eben darum unmöglich sey, weil die Attraktivkraft jedes Körpers zu seiner Construktion schon verbraucht werde.

Den

Den transcendentalen Beweis jener beyden Kräfte der Schwerkraft und der retardirenden, als von einander unabhängiger Kräfte giebt Schelling so:

Es muß für jedes Endliche eine Grenze der Weltanschauung geben; diese ursprüngliche Beschränktheit ist für die intellektuelle Welt eben das, was für die physische Welt die Schwerkraft ist, das, was das Individuum an ein bestimmtes System von Dingen fesselt, und ihm seine Stelle im Universum anweiset. Nun ist aber die Weltanschauung bestimmt noch innerhalb eines bestimmten Systems in Ansehung jedes einzelnen Objekts. Dadurch kommt Beschränktheit in die Beschränktheit. Aber das einzelne Objekt, da ihm seine Stelle im Universum durch die Schwerkraft schon bestimmt ist, kann weiter bestimmt werden nur in Ansehung des Grades, mit welchem es den Raum erfüllt. Aber der Grad seiner Raumerfüllung ist nur bestimmbar durch die Form der Zeit durch das umgekehrte Verhältniß der Zeit, in welcher der Raum erfüllt wird, zum erfüllten Raume. Die Existenz des Objekts für die Zeit ist also beschränkt durch eine Kraft, die mit der Schwerkraft so wenig identisch ist, als die Zeit mit dem Raum. Aber umgekehrt auch durch diese Kraft (die retardirende) wird nur die Geschwindigkeit der Raumerfüllung vermindert, nicht aber die Evolution selbst gehemmt; das letztere muß durch eine von ihr verschiedene Kraft geschehen.

Nun ist aber, da beyde Kräfte negativer Natur, d. h. beschränkende Kräfte sind, zum voraus zu erwarten, daß beyde in irgend einem Verhältniß zu einander stehen, eine die andere bestimmen werde. Folgendes ist von selbst klar:

Je größer das Uebergewicht der retardirenden Kraft, desto langsamer die Evolution. Je weiter also die Evolution fortschreitet, desto mehr muß allmählig die retardirende Kraft abnehmen. Nun muß aber jedes Naturprodukt, um ein Bestimmtes zu seyn, an einem bestimmten Punkte der Evolution gehemmt werden. Man setze, das Produkt werde gehemmt bey einem Punkt, wo die retardirende Kraft noch ein großes Uebergewicht hat, so muß an diesem Punkte die expansive Tendenz stärker wirken. Um ihr das Gleichgewicht zu halten, muß also die Schwerkraft auf diejenigen Theile der Natur am stärksten wirken, wo die retardirende Kraft noch das größte Uebergewicht hat.

Der Körper von größerer Masse liegt dem dynamischen Centrum an sich näher, als der von geringerer. Die Masse also ist bestimmt durch die Schwerkraft, nicht, wie man insgemein sage, die Schwere sey der Masse proportional. — Ist denn, fragt Schelling, die Masse eine an sich bekannte Größe? Bekannt etwa durch die Menge ihrer Theile? Aber diese Menge ist unendlich. Es ist also keine Bestimmung der Masse durch die Menge ihrer Theile möglich, es giebt also keinen Bestimmungsgrund der Masse außer der Wirkung der Schwerkraft. Das Produkt ist ein Bestimmtes für jeden Moment der Zeit, aber es wirkt nicht außer sich, es erfüllt nur seine Sphäre, die Schwerkraft erst giebt ihm die dem Grad seiner Raumerfüllung proportionale Tendenz nach außen, welcher Grad selbst erst dadurch ein fixirter und als solcher erkennbar wird.

Die Materie manifestirt sich nur durch die Schwere, eine imponderable Materie mag seyn, aber sie

sie manifestirt sich nicht. Darum auch wird die Einheit einer Materie nur erkannt durch die Einheit ihrer Schwere, eine Menge von Materie organisirt sich zur Einheit dadurch, daß sie sich einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt giebt — Kant setze das Wesen der Starrheit darein, daß die Theile derselben nicht an einander verschoben werden können, ohne sofort getrennt zu werden, das heiße mit andern Worten, daß der Theil keine vom Ganzen unabhängige Bewegung habe. Im Flüssigen sondere sich der Theil vom Ganzen durch sein bloßes Gewicht, der Grund dieses Unterschiedes liege darin, daß der flüssige Körper keinen gemeinschaftlichen Schwerpunkt habe, und jedes Theilchen seinen Schwerpunkt für sich bilde. (Daher die freywillige Annahme der Kugelgestalt in der Tropfenbildung.) Einheit des Schwerpunkts sey also das, was die Materie zu Einer organisire, das Bildende, Bindende, das Bestimmende aller Gestaltung.

Die beyden Kräfte, die expansive und retardirende, sind die Kräfte der Evolution selbst, die Schwerkraft setzt die Evolution schon voraus, die Schwerkraft kann also Bedingungen haben, sie kann z. B. erst bey einem gewissen Grade der allgemeinen Evolution sich einfinden; wenn sie bedingt ist, so wird sie durch das ursprünglichste Wechselverhältniß im Universum, d. h. jene allgemeine, wechselseitig ausgeübte Wirkung durch (magnetische) Vertheilung bedingt seyn, und obgleich sie ursprünglich eine ist, weil sie in dem Verhältniß als das Universum sich evolvirt, in mannigfaltige Schwerkräfte, als einzelne Strahlen, sich spalten. So macht diese Kraft gleichsam das verbindende Mittelglied der Kräfte, welche die

Natur als Gerüste, und derjenigen, welche sie als dynamische Organisation unterhalten.

Erst nachdem durch die höhern dynamischen Kräfte der Schauplatz gleichsam gesichert ist, können die bloß mechanischen Besitz ergreifen, die Betrachtung dieser Kräfte und ihrer Gesetze fällt nicht mehr in die Grenzen der Naturphilosophie, die nichts anders als höhere Dynamik ist, und deren Geist sich in dem Princip ausdruckt, das dynamische als das einzig Positive und Ursprüngliche, das Mechanische nur als das Negative und Abgeleitete des Dynamischen anzusehen.

Aus dieser Schelling'schen Darstellung wird jeder philosophische Naturforscher einsehen, daß damit nichts gewonnen ist. Denn es ist hier noch nicht dargethan, wie aus der absoluten unbedingten Natur die Gegensätze — Natur und Geist — zur Erscheinung ausgehen, indem die Schelling'schen Duplicitäten mit der sie beherrschenden Identität nur noch weiter und am weitesten getrieben werden, wenn eine ewige absolute Identität (als der Grund der Wirklichkeit der endlichen Dinge) aufgestellt wird.

Herr Wagner hat in seinem System der Idealphilosophie des Herrn Schelling's Ansicht zu widerlegen gesucht, und eine neue Theorie aufgestellt. Sie enthält aber in der That nichts weiter, als eine genauere Darstellung der Schelling'schen Philosophie. Herr Wagner nimmt eine absolute und reine Lebendigkeit, welche in der Welt ist, und auf der einen Seite gegen die Concentration im Bewußtseyn und der Erkenntniß, auf der andern Seite gegen die Expansion und Darstellung der unbewußten Totalität tendirt, an. Allein hiemit ist

eben

eben so wenig gewonnen, als mit der Schelling's schen Annahme, da die Lebendigkeit und Welt schon als gegeben dargestellt werden.

Kant's Ansichten bleiben also vor jetzt noch die richtigsten, welche bisher die Metaphysik aufgestellt hat. Die Materie ist in der Erscheinung gegeben, und als solche muß sie construirt werden; es wird uns schwerlich glücken, Materie, um Schelling's Ausdruck zu gebrauchen, zu schaffen. Kant hat wenigstens durch seine Untersuchungen bewiesen, daß wir gar nicht nöthig haben, um die verschiedenen Dichtigkeitsgrade der Materie zu bestimmen, mit dem Atomistiker eine eingestreuete Leere anzunehmen, welches schon ein offenbarer Gewinn für die Wissenschaft selbst ist. Ferner hat er den Grund aller Erscheinungen auf anziehende und zurückstoßende Kräfte zurückgeführt, Bedingungen, welche uns auch die Natur in Erfahrungen beweiset. Die dynamische Physik hat also vor der atomistischen das voraus, daß sie von etwas Bestimmten ausgeht, die atomistische Physik aber nur Postulate festsetzt, welche zuletzt auf Ungereimtheiten führen, wie bereits oben angeführt ist.

Herr Schelling hat zwar behauptet, daß Kant's anziehende Kraft der Materie, welche in alle Entfernungen auf alle andere Materie unmittelbar wirkt, und der Masse proportional ist, mit der allgemeinen Schwerkraft nicht einerley seyn könne. Allein Schelling's Gründe für seine Behauptung scheinen, meiner Einsicht nach, nicht genügend. Denn selbst nach Schelling's Meynung ist Materie nur durch anziehende und zurückstoßende Kraft möglich. Nun behauptet aber Schelling, daß man glauben sollte, der Grad der anziehenden Kraft werde ver-

 wandt,

wandt, um die zurückstoßende Kraft auf den bestimmten Theil des Raums einzuschränken; sie werde daher an dieser zurückstoßenden Kraft sich erschöpfen, und nicht auf andere Materie außer ihrer Sphäre noch anziehende Wirkung ausüben. Wenn aber die Möglichkeit der Materie nothwendig anziehende und zurückstoßende Kräfte verlangt, so muß sie sich eben durch diese offenbaren und in der Erscheinung erkennbar seyn; ohne Wirkung dieser Kräfte würde die Materie nichts seyn; es ist also weder die anziehende noch die zurückstoßende Kraft erschöpft, beyde beschränken sich nur, und machen eben daher Materie im bestimmten Raume möglich, ihre Wirkung bleibt aber beständig. Es hat hiemit eine ähnliche Bewandniß die Anwendung der Kräfte der thierischen Körper. Wenn z. B. ein Pferd einen Gegenstand, der die Kraf desselben überwiegt, fortziehen soll, so wird zwar das Pferd seine Kraft anwenden, aber sie wird doch nicht erschöpft, sondern sie wirkt in gleicher Stärke immerfort auf diesen Gegenstand, und ist für jetzt nur beschränkt. Eben so wird die anziehende Kraft durch Wirkung auf andere Materie in allen Entfernungen in Schranken gebracht, und muß daher mit der Masse im Verhältnisse stehen. Wir haben daher gar nicht nöthig, eine neue Kraft unter dem Nahmen der Schwerkraft anzunehmen. Und sollte überhaupt die anziehende Kraft durch die Repulsivkraft erschöpft seyn, so würde daraus offenbar todte Materie entstehen, und Herr Schelling käme auf solche Weise auf die atomistische Physik zurück, gegen die er doch so viel einwendet.

Es sind also Kant's Untersuchungen bey weitem noch nicht widerlegt, und seine metaphysischen

An-

Anfangsgründe der Naturwissenschaft verdienen allerdings von den Physikern beherzigt zu werden.

Fall, Schwere und Gravitation der Körper.

Die im ersten Theile S. 227. u. f. angeführten Fallversuche wurden besonders in dieser Absicht angestellt, um die von Galiläi angegebenen Gesetze durch Erfahrungen zu bestätigen. Man konnte aber leicht auf den Gedanken verfallen, daß dergleichen Versuche selbst zum Beweise der Achsenumdrehung der Erde dienen könnten. Wirklich schlug auch schon Newton in dem Jahre 1679 vor, daß man Versuche dieser Art in sehr beträchtlichen Höhen anstellen möchte, um nachzusehen, ob nicht ein Körper, der in der Höhe vermöge der Achsenumdrehung der Erde eine größere Geschwindigkeit erhalte, als der senkrecht darunter liegende Punkt des Bodens beym Fall von der Vertikallinie nach Osten zu etwas abweichen würde, und Hooke p) glaubte dieses wirklich durch einige, doch zu grobe, Versuche gefunden zu haben. Im Jahre 1789 hatte ein junger Bologneser Gelehrter, Guillelmini, berechnet, die Abweichung eines Körpers, der von der St. Peters- oder Paulskirche von 240 Fuß herabfiele, müße über $\frac{1}{2}$ Zoll von der Vertikallinie betragen. Um das Resultat seiner Rechnung mit der Erfahrung zu vergleichen, ließ er im Jahre 1790 und 1791 in dem Asinellithurm zu Bologna Körper von einer sehr beträchtlichen Höhe herabfallen, und bestimmte ihre Abweichung während des Falls vermittelst eines angebrachten Bleyloths. Die Resultate dieser sehr schwierigen, doch vollkommen gelungenenen Versuche führt er in einer sehr

p) *Birch* of the Roy. society of London. p. 512. 516.

sehr seltenen Schrift an, und widerlegte zugleich die Einwürfe, die ihm Bonati und Andere gemacht hatten. Aehnliche Versuche hatte Flauguerges 1795 zu Viviers unternommen, es fehlten ihm aber die nöthigen Mittel, um sie gehörig auszuführen.

Gegen Guilielmini's Versuche wandte aber la Place ein, daß sie nicht mit der Theorie zusammenstimmten, und im Jahre 1797 gestand auch dieses Guilielmini in einem Briefe an la Lande selbst ein [q]). So sagt la Lande, Guilielmini gestehe nun ein, daß la Place Recht habe, und daß die Theorie keine Abweichung gegen Süden gebe. Diejenige, welche er nach Osten gefunden habe, stimme sehr gut mit der Theorie; allein sie sey nun kein Beweis mehr von der Bewegung der Erde, weil die andere Abweichung nach Süden gar nicht stimme.

Da es aber doch leicht möglich war, daß bey Guilielmini's Versuchen sich einige Fehler eingeschlichen hatten, so unternahm es Herr D. Benzenberg zu Hamburg, diesen äußerst wichtigen Gegenstand einer neuen und sorgfältigern Prüfung zu unterwerfen. Da die Abweichung nach Osten von Guilielmini's Versuchen so gut mit der Theorie zusammenstimmten, und bloß die Abweichung nach Süden fehlerhaft war, so glaubte Benzenberg, daß die einzige Ursache der fehlerhaften Resultate Guilielmini's darin liege, daß er erst seine Perpendikularlinie 6 Monate nach den Versuchen verificirt habe, während welcher Zeit sich der Thurm um einige Linien gezogen zu haben schiene. Herr Benzenberg bedien-

q) Allgemeine geographische Ephemeriden von Herrn von Zach. B. III.

diente sich zu seinen Versuchen theils Bleykugeln, theils Kugeln aus einer Mischung von Zinn, Zink und Bley, und zum Zeitmaaße eine von Klindworth in Göttingen verfertigte sehr genaue Tertienuhr. Ueber die Achsenumdrehung der Erde hatte er im Jahre 1802 eine Reihe von 31 Versuchen im Michaelisthurm bey einer Fallhöhe von 235 Paris. Fuß angestellt. Das Mittel dieser Versuche stimmte in der Abweichung nach Osten mit der Theorie überein, so wie sie D. Gauß in Braunschweig entwickelt hat.

Die Versuche gaben im Mittel 3,99 Paris. Linien Abweichung nach Osten.

Die Berechnung nach D. Gauß 3,95 " "
mithin nur eine Verschiedenheit von $\frac{5}{100}$ Linien. Dagegen gaben die Versuche die Abweichung nach Süden um beynahe $1\frac{1}{2}$ Linien größer, als die Theorie. Vielleicht, meint Benzenberg, daß in der so sehr verwickelten Theorie noch irgend ein Umstand übersehen sey, der eine größere Abweichung nach Süden bewirke; dieß mache ihm das genaue Zusammenstoßen zwischen Theorie und Versuchen bey der Abweichung nach Osten wahrscheinlich.

Die Fallversuche des Herrn Benzenberg wurden vorzüglich dadurch wichtig, daß sie zeigten, welche kleine Zeittheile sich mit der Tertienuhr bestimmen ließen, wenn man eine große Menge von Versuchen anstellte. Mehr als einmal wichen die Resultate aus verschiedenen Versuchsreihen nicht um den 600sten Theil einer Sekunde von einander ab. So z. B. gaben zwey Reihen, jede von 60 Beobachtungen, im Mittel, beym stadio von 10 Fuß, die eine 48,89, die andere 48,83 Tertien Fallzeit. Bey 24,8 Par. Fuß Fallhöhe gaben die Versuche 77,08 Ter-

Tertien, die Rechnung 77,01 Tertien Fallzeit, und bey 144 Par. Fuß die Versuche 186,95 Tertien, die Rechnung 186,86 Tertien Fallzeit.

Seitdem Newton's System über die Bewegung der himmlischen Körper allgemein angenommen wurde, verminderten sich auch die Hypothesen über die Ursache der Gravitation und der Schwere der Körper gegen unsere Erde. Indessen vermutheten die meisten Naturforscher, daß das Phänomen der Attraktion noch allzuzusammengesetzt sey, als daß man es in die Classe der ganz einfachen Phänomene setzen, und alle Bemühungen, es zu erklären, aufgeben sollte. Unter Andern versuchte es Adolph Albrecht Hamberger [r]), die Ursachen der Bewegung der Planeten, der Schwere und des Zusammenhangs der Körper darzustellen. Allein seine Erklärungen haben wenig Beyfall gefunden, und ich übergehe sie daher gänzlich. In den neuern Zeiten ist aber das von le Sage in Genf aufgeführte mechanische System von mehreren großen Experimentalphysikern mit ungemeinen Lobeserhebungen angepriesen worden, von welchem bereits oben das erheblichste angeführt ist. In Ansehung der Schwere führt le Sage an: Galiläi's Gesetze fallender Körper folgten eben nicht nothwendig aus der Erfahrung, und die Versuche würden eben so ausfallen, wenn die Fallräume in andern Verhältnissen, z. B., wie Trigonalzahlen, zunähmen; man dürfe also nicht schließen, daß die Schwere stetig und ununterbrochen wirke; es lasse sich alles auch aus unterbrochenen Wirkungen, oder aus Stößen einer schwermachenden Materie erklären.

Das

r) Die Ursachen der Bewegung der Planeten, der Schwere und des Zusammenhangs der Körper. Jena 1772. 8.

Dagegen hat aber Kästner *) ganz richtig bemerkt, daß, von einer Kraft oder Materie reden, die sich durch nichts unsern Sinnen entdecke, diese nach Gesetzen wirken lassen, von denen man auch keine Erfahrung habe, sondern die man nur so annehme, wie man sie nöthig habe, heiße nicht erklären, sondern nur erdichten.

Ueberhaupt hat es die atomistische Physik noch nicht vermocht, einen Grund von der Gravitation und der Schwere anzugeben. Denn wollte man auch eine schwermachende Materie annehmen, so könnte man doch nach der Ursache der schwermachenden Materie fragen; diese setzt aber wieder eine Materie voraus, und so ins Unendliche.

Viele Naturforscher hatten auch schon lange eingesehen, daß man mit solchen Erklärungen der Gravitation und Schwere nicht ausreiche; daher hatten bereits Newton's Schüler behauptet, daß der Materie überhaupt wesentlich eine anziehende Kraft zukomme, durch welche diese Phänomene bewirkt werden. Allein eine solche Annahme konnte sich mit der Behauptung der Atomen nicht vertragen, als welche nur Leben und Thätigkeit von außen her erlangen können. Man glaubte daher, daß dieß eine zu kühne Behauptung wäre, und so wurde auf keiner Seite etwas gewonnen. Selbst Boccovich's Annahme, daß die Materie aus physikalischen Punkten bestehe, welche mit anziehenden und zurückstoßenden Kräften in bestimmten Wirkungskreisen versehen seyn, sich aber

*) Prüfung eines von Herrn le Sage angegebenen Gesetzes für fallende Körper im deutschen Museum. Jun. 1776. und in der deutsch. Uebersetzung des de Lüc über die Atmosphäre B. II. S. 660.

aber nicht durchdringen können, kann nicht genügen. Denn es ist hier gar nicht einzusehen, woher die physikalischen Punkte ihre Kräfte erhalten, und selbst die Wirkungskreise dieser Kräfte können mit sich nicht bestehen.

Kant hat zuerst gründlich erwiesen, daß die Möglichkeit der Materie anziehende und zurückstoßende Kräfte verlangt, und daß ohne solche Kräfte gar keine Materie denkbar ist, wie bereits oben angezeigt ist. Eben diese ursprüngliche Anziehung einer jeden Materie, welche sich durch die Wirkung auf eine jede andere Materie auch durch den leeren Raum offenbart, ist die Ursache der Gravitation, welche, weil sie eine Grundkraft ist, nicht weiter begriffen werden kann. Es scheint allerdings widersprechend zu seyn, daß eine Materie da, wo sie nicht ist, unmittelbar wirken könne. Daher sagt auch Herr de Lüc [t]): "wer kann begreifen, daß ein Körper da wirken soll, „wo er nicht ist? Zwey Theile der Materie sind entfernt von einander, und ohne materielle Verbindung, „und doch soll sich eins um des andern willen bewegen! Und ohne daß beyden etwas wiederfährt, soll „sich das eine viermal geschwinder bewegen, wenn es „dem andern doppelt so nahe gekommen ist! Welche Zauberkraft mag ihnen diese Bestimmung geben? Um der geringen Entfernung willen (welche „Nichts ist, wenn man kein Zwischenmittel annimmt) „soll die Bestrebung genau nach einem Verhältniß „zunehmen? Dieß ist mehr als unverständlich! — „Theile des Mondes und der Erde sollen ohne Mittel, bloß durch den Zauber des Worts Schwere, „wesentliche Eigenschaft der Materie, in einander „wir-

t) Briefe über die Geschichte der Erde u. f. Th. I. Num. XI.

„wirken. Selbst wenn die Materie Verstand hätte, „und durch Bewegungsgründe bestimmt würde, müßte man doch noch Boten annehmen, durch die sie „von der Gegenwart anderer Körper, von ihrer Masse, Lage und Entfernung benachrichtigt würde, „ehe sie sich nach ihnen hinbewegen könnte." — Allein dieß scheinbar Widersprechende beruht auf einem bloßen Mißverstande; man verwechselt nämlich die mathematische Berührung der Räume und die physische durch zurückstoßende Kräfte. Denn unmittelbare Anziehung außer der Berührung heißt nichts weiter, als daß sich Materien nach gewissen Gesetzen beständig einander nähern, ohne daß irgend eine zurückstoßende Kraft als Bedingung dazu nöthig wäre. Obgleich der große Stifter der Attraktionstheorie, Newton, keine wesentliche oder ursprüngliche Attraktion der Materie annahm, so konnte er doch schlechterdings nicht sagen, daß sich die Anziehungskräfte zweyer Planeten, welche sie in gleichen Entfernungen ihrer Monde beweisen, wie die Massen jener Weltkörper verhalten, wenn er nicht annahm, daß sie bloß als Materie, folglich nach einer allgemeinen Eigenschaft derselben, andere Materien anzögen.

Herr Gren, welcher zuletzt das dynamische System vertheidigte, glaubte, daß die in die Entfernung wirkende Kraft der Schwere keine nothwendige, mit dem Begriff der Materie unzertrennlich verknüpfte Eigenschaft der Materie sey; ja die Erscheinungen einiger Materien berechtigten uns, sie für völlig schwerlos zu halten. Gren verwechselt aber die Anziehung in der Berührung der Materien, welche nur scheinbar seyn kann, mit der Anziehung in der Entfernung; er läßt bloß die ursprüngliche Anziehung der

Materie nebst der Zurückstoßung in der Berührung wirken, und schließt das Anziehen in der Entfernung als eine wesentliche Eigenschaft aus. Dieß ist aber irrig; denn es kann aus dem bloßen festgesetzten empirischen Begriffe der Materie keinesweges a priori dargethan werden, daß der verschiedene Zusammenhang der Theile der Körper, oder die Cohäsion, von der wesentlichen Anziehung der Materie allein herrühre, oder daß die Cohäsionskraft eine Grundkraft sey.

Daß aber das Gesetz der Gravitation ein allgemeines in der Natur wirklich vorhandenes Gesetz sey, ist durch alle astronomische Beobachtungen bestätigt worden. La Place [u]) bemerkt, daß ohne dieses Grundgesetz die elliptische Gestalt der Planetenbahnen, die Gesetze, welchen die Planeten und Kometen bey ihren Bewegungen um die Sonne folgen, ihre secularen und periodischen Ungleichheiten, die zahlreichen Ungleichheiten des Mondes und der Jupiterstrabanten, das Vorrücken der Nachtgleichen, das Wanken der Erdaxe, die Bewegungen der Mondaxe, endlich die Ebbe und Fluth des Meers lauter einzelne Resultate der Beobachtung, außer aller Verbindung, wären. Im Gegentheil sey die Art, wie alle diese dem ersten Anscheine nach so wenig zusammenhangende Erscheinungen aus einerley Gesetz herfließen, welches sie an die Bewegung der Erde knüpfe, so daß, wenn man diese Bewegung einmal angenommen habe, man durch eine Reihe geometrischer Schlüsse auf diese Erscheinungen geführt werde, in der That etwas bewundernswürdiges. Jede von ihnen gebe also

u) Darstellung des Weltsystems, aus dem Franz. übersetzt von Hauff. Th. II. Frankf. am Mayn 1797. 8. Vierzehnt. Kapit.

so einen Beweis seines Daseyns ab, und wenn man erwäge, daß es jetzt keine einzige unter ihnen gebe, die nicht auf das Gesetz der Schwere zurückgebracht wäre, daß, da dieses Gesetz die Lage und die Bewegungen der Himmelskörper für jeden Augenblick, und während ihres ganzen Laufs mit der größten Genauigkeit bestimmt, man nicht zu besorgen habe, daß es durch irgend eine bis jetzt nicht beobachtete Erscheinung werde umgestoßen werden; daß endlich auch der Planet Uranus und seine Trabanten (so wie auch die neuerlich entdeckten Planeten Ceres und Pallas) ihm folgen, und es bestätigen; so sey es unmöglich, sich der vereinigten Kraft aller dieser Beweise zu entziehen, und nicht einzugestehen, daß in der Naturphilosophie nichts besser erwiesen sey, als der Grundsatz der allgemeinen Schwere im geraden Verhältnisse der Massen, und im umgekehrten des Quadrats der Entfernungen.

Ist aber, frägt la Place, dieser Grundsatz ein ursprüngliches Naturgesetz? Ist es nicht bloß eine allgemeine Wirkung einer unbekannten Ursache? Hier nöthige uns die Unwissenheit, worin wir uns in Ansehung der innern Eigenschaften der Materie befänden, stille zu stehn, und benehme uns alle Hoffnung, diese Fragen auf eine befriedigende Art zu beantworten. Anstatt aller Hypothesen, welche sich hievon gedenken lassen, giebt la Place noch mehrere gemachte Beobachtungen an, welche dieß Gesetz aufs vollkommenste bestätigen.

Die Proportionalität der Anziehungskraft mit den Massen ist auf der Erde durch die Versuche mit dem Pendel erwiesen, dessen Schwingungen genau von gleicher Dauer sind, wie auch die Körper, die

man schwingen läßt, beschaffen seyn mögen; in den Räumen des Himmels wird sie durch das beständige Verhältniß der Quadrate der Umlaufszeiten der Körper, die um einen gemeinschaftlichen Brennpunkt gehen, zu den Würfeln der großen Axen ihrer Bahnen dargethan.

Ueberhaupt ist es das Gesetz aller Ausflüsse, die von einem Mittelpunkte ausgehen, dergleichen auch das Licht ist; es scheint sogar, daß alle Kräfte, deren Wirkung sich auf merkliche Entfernungen äußert, diesem Gesetze folgen. Seit kurzem habe man auch bemerkt, daß die elektrischen und magnetischen Anziehungen und Abstoßungen im Verhältniß des Quadrats der Entfernungen abnehmen. Es sey eine merkwürdige Eigenschaft dieses Naturgesetzes, daß, wenn die Dimensionen aller Körper dieses Weltalls, ihre gegenseitigen Entfernungen und ihre Geschwindigkeiten sich verhältnißmäßig vermehrten und verminderten, sie den Curven, welche sie wirklich durchlaufen, völlig ähnliche beschreiben, und ihre Erscheinungen durchgängig die natürlichen seyn würden; denn da die Kräfte, von welchen sie getrieben werden, das Resultat der den Quotienten der Massen durch die Quadrate der Entfernungen proportionirten Attraktionen sind, so würden sie nach dem Verhältnisse der Dimensionen des neuen Weltgebäudes zu- oder abnehmen. Man sieht zugleich, daß diese Eigenschaft nur dem Naturgesetze zukommen kann. Die Erscheinungen der Bewegungen des Weltgebäudes sind also von seinen absoluten Dimensionen eben so unabhängig, wie von der absoluten Bewegung, welche es im Weltraume haben kann, und wir können nichts, als Verhältnisse beobachten und erkennen. Dieses Gesetz giebt den

Ku-

Kugeln die Eigenschaft, sich wechselseitig anzuziehen, als ob ihre Massen in ihren Mittelpunkten vereinigt wären. Es begrenzt auch noch die Bahnen und die Gestalten der Himmelskörper durch Linien und Flächen der zweyten Ordnung, wenigstens wenn man ihre Störungen außer Acht läßt und sie für flüssig annimmt.

Ferner bemerkt la Place, daß wir kein Mittel besitzen, um die Zeit der Fortpflanzung der Schwere zu messen, weil die Sonne, wenn die Attraktion einmal die Planeten erreicht hat, so auf sie zu wirken fortfährt, als ob ihre Anziehungskraft den äußersten Enden des Planetensystems sich augenblicklich mittheilte; man kann daher eben so wenig wissen, in wie viel Zeit sie zur Erde gelange, als es ohne die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten und ohne die Aberration möglich gewesen wäre, die allmählige Fortpflanzung des Lichts zu erkennen. Mit dem kleinen Unterschiede, welcher bey der Wirkung der Schwere auf die Körper nach der Richtung und der Größe ihrer Geschwindigkeit statt finden kann, verhält es sich nicht so. Die Rechnung hat Herrn la Place gezeigt, daß daraus eine Beschleunigung der mittleren Bewegungen der Planeten um die Sonne, und der Trabanten um ihre Planeten entsteht. Er hatte dieses Mittel, die seculare Gleichung des Mondes zu erklären, ausgedacht, da er mit allen Geometern glaubte, daß sie bey den über die Wirkung der Schwere angenommenen Hypothesen unerklärbar wäre. Er fand, daß, wenn sie von dieser Ursache herrührte, man dem Monde, um ihn seiner Schwere gegen die Erde gänzlich zu entziehen, eine Geschwindigkeit gegen den Mittelpunkt dieses Planeten geben müßte,

 die

die zum wenigsten sechs Millionen mal größer wären, als die des Lichts. Da nun die wahre Ursache der secularen Gleichung des Mondes jetzt wohl bekannt ist, so sind wir versichert, daß die Wirksamkeit der Schwere noch viel größer ist. Diese Kraft wirkt also mit einer Geschwindigkeit, die wir als unendlich betrachten können, und wir müssen daraus schließen, daß die Attraktion der Sonne sich den äußersten Enden des Sonnensystems in einem beynahe untheilbaren Augenblicke mittheile.

Ob unter den Himmelskörpern noch andere Kräfte, außer ihrer wechselseitigen Anziehung, vorhanden seyen, wissen wir nicht; aber das könnten wir wenigstens behaupten, daß ihre Wirkung unmerklich sey. Eben so könnten wir behaupten, daß alle diese Körper von den Flüssigkeiten, die sie bey ihrer Bewegung durchschneiden, einen bis jetzt unmerklichen Widerstand leiden, wie das Licht, die Kometenschweife und das Thierkreislicht.

Die Anziehungskraft verschwindet unter Körpern von unbeträchtlicher Größe; sie erscheint aber bey ihren Elementen wieder unter einer unendlichen Menge verschiedener Formen. Die Dichtigkeit der Körper, ihre Krystallisation, die Brechung des Lichts, das Steigen und Fallen der Flüssigkeiten in Haarröhren, und überhaupt alle chemischen Verbindungen sind Folgen der Anziehungskräfte. Aber sind etwa diese Kräfte die in den Räumen des Himmels beobachtete Gravitation selbst, auf der Erde durch die Gestalt der integrirenden Theilchen modificirt? Um diese Hypothese anzunehmen, müßte man bey den Körpern viel mehr leeren, als erfüllten Raum voraussetzen, so daß die Dichtigkeit ihrer Theilchen unvergleichbar größer

ßer wäre, als die mittlere Dichtigkeit ihrer ganzen Massen. Ein sphärisches Element von 0,00001 Fuß Durchmesser müßte eine zum wenigsten zehntausend Milliardenmal größere Dichtigkeit haben, als die mittlere Dichtigkeit der Erde ist, um auf seiner Oberfläche eine der Schwere auf der Erde gleiche Attraktion zu äußern. Nun übertreffen die Anziehungskräfte der Körper diese Schwere beträchtlich, weil sie das Licht sichtbar beugen, dessen Richtung durch die Attraktion der Erde nicht merklich verändert wird; die Dichtigkeit dieser Theilchen stünde also zu der der ganzen Körper in einem Verhältnisse, vor dessen Größe die Einbildungskraft sich entsetzt, wenn ihre Verwandtschaften von dem Gesetze der allgemeinen Schwere abhingen. Das Verhältniß der Zwischenräume dieser Elemente zu ihren respektiven Dimensionen wäre von der nämlichen Ordnung, wie bey den Sternen, welche einen Nebelfleck bilden, den man aus diesem Gesichtspunkte als einen großen leuchtenden Körper betrachten könnte. Uebrigens hindere uns nichts, diese Vorstellungsart von allen andern Körpern anzunehmen. Mehrere Erscheinungen, und unter andern die äußerste Leichtigkeit, womit das Licht die durchsichtigen Körper nach allen Richtungen durchdringt, sind ihr günstig. Die Verwandtschaft würde alsdenn von der Gestalt der integrirenden Theilchen abhangen, und man könnte aus der Mannigfaltigkeit dieser Gestalten alle Verschiedenheiten der Anziehungskräfte erklären, und auf solche Art alle Erscheinungen der Physik und Astronomie auf ein allgemeines Gesetz zurückführen. Aber die Unmöglichkeit, die Gestalten der Elementartheilchen zu erkennen, machte diese Untersuchungen zur Aufnahme der Wissenschaften unnütz. Einige Geometer hätten, um von

den Verwandtschaften Rechenschaft zu geben, zu dem Gesetze der Attraktion im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernungen neue, nur in sehr kleinen Entfernungen merkliche Glieder hinzugesetzt. Aber diese Glieder würden eben so viele verschiedene Kräfte ausdrücken; und da sie sich außerdem mit der Gestalt der Elemente verwickelten, würden sie nur die Erklärung der Erscheinungen verwickelter machen. Bey diesen Ungewißheiten ist das klügste, was man thun kann, sich an die Bestimmung der Gesetze der Verwandtschaften durch zahlreiche Versuche zu halten. Das einfachste Mittel, dazu zu gelangen, scheint die Vergleichung dieser Kräfte mit der zurückstoßenden Kraft der Wärme zu seyn, die man selbst wiederum mit der Schwere vergleichen kann. Einige mit diesem Mittel bereits gemachten Versuche ließen hoffen, daß diese Gesetze einst vollkommen werden bekannt werden; alsdann könnte man durch Anwendung der Rechnung auf sie die Physik der Erdkörper zu eben dem Grade der Vollkommenheit erheben, den die Entdeckung der allgemeinen Schwere der Physik des Himmels verschafft hat.

In den neuesten Zeiten hat man sogar durch Versuche zu beweisen geglaubt, daß die Erdkörper gegen einander eine bemerkbare Anziehung zeigten. Cavendish x) ließ ein großes gläsernes Gefäß, worin sich eine Drehwage befand, welche nach Art der Coulomb'schen zum Maaß der Elektricität gebrauchten eingerichtet war, verfertigen. Der Arm der Wage hatte eine Länge von 8 Fuß, und an seinem andern Ende eine kleine metallene Kugel von Eisen oder Kupfer. Diesem Kügelchen nähert man zwey bleyerne Bal-

x) Voigt's Neues Magazin. Th. I. St. 4. S. 31.

Ballons von 1 Fuß im Durchmesser, und stellt sie so, daß sie beyde nach einerley Richtung wirken. Unter diesen Umständen sind die Bewegungen der Wage sehr stark. Diese Bewegungen, meint er, könnten weder die Wirkung der Wärme, noch der Elektricität, oder gewisser Ströme u. d. g. seyn, sondern sie müßten bloß von einer wechselseitigen Anziehung herrühren. Die Resultate dieses Versuchs sind seiner Meynung nach so genau, daß man daraus eine strenge Anwendung des Calculs auf die Dichtigkeit der Erde machen könne, und man habe gefunden, daß diese Dichtigkeit die des Wassers um $5\frac{5}{6}$ übertreffe, also viel größer sey, als die gewöhnlich angenommene von $4\frac{1}{2}$.

Noch mehr glaubte Herr Hermbstädt in Berlin die Anziehung verschiedener Körper unter einander durch entscheidende Versuche dargethan zu haben, deren in den annales de chemie und in Crell's chemischen Annalen nur im Entfernten Erwähnung geschehen ist. Zu diesen seinen Versuchen bediente er sich folgendes Werkzeugs: eine hohle empfindbare Wage, wie man solche zu hydrostatischen Arbeiten gebraucht, ist an dem einen Ende ihres Arms mit einer runden Cohäsionsplatte von Glas, Messing oder Marmor, auf die ein Drath zum Anhängen senkrecht befestigt ist, versehen. Das Ende des andern Arms trägt eine Wagschaale, und darin Gewichte, durch welche die Platte vollkommen ins Gleichgewicht, und der Wagebalken in Ruhe gesetzt wird. Alles befindet sich an einem ruhigen Orte, wo kein Luftzug eine Bewegung verursachen kann. Unter der Platte steht ein Piedestal, dessen Teller auf- und niedergeschoben werden kann; auf dem Teller befindet sich eine achatene Schaale mit sehr reinem Quecksilber. Wird nun

die Quecksilberfläche der völlig horizontal hangenden Platte genähert, und zwar so, daß sie $\frac{1}{2}$ bis 1 ganze Linie davon entfernt bleibt, so ist noch alles in Ruhe; nach wenigen Sekunden senkt sich aber die Platte schnell herab, und cohärirt mit dem Quecksilber.

Noch einen andern Beweis der gegenseitigen Anziehung führt Hermbstädt auf diese Art an: man schütte auf eine völlig horizontal liegende Glastafel zwey kleine Kügelchen Quecksilber, schiebe das eine Kügelchen mit einem Glasstabe dem andern zu, so werden beyde, wenn sie noch um ein Paar Skrupel von einander entfernt sind, Sphäroiden bilden, und sich zu Einer Kugel vereinigen. Ist die eine Kugel größer, als die andere, so wird immer die kleine von der größern, und nie umgekehrt, angezogen werden.

Herr Gilbert zu Halle bemerkt hiebey, daß höchst wahrscheinlich auf eine ähnliche Art zwey Platten, von denen die eine an einem Wagebalken im Gleichgewichte hange, die andere ihr von unten her genähert werde, dieselbe Erscheinung geben und vermöge ihrer Anziehung aus der Ferne her an einander geführt werden würden. Doch zweifle er, daß es möglich sey, auf diese Art die Anziehungen verschiedener Körper gegen einander auf Maaß und Gewicht zu bringen. Dazu sey schwerlich irgend eine andere Vorrichtung, als Coulomb's und Cavendish's Drehungsapparat zu gebrauchen; mittelst dieses müßten sich aber sehr genaue und unterrichtende Versuche über die gegenseitige Anziehung verschiedener Materien anstellen lassen.

Ueber die Attraktionsversuche des Herrn Hermbstädt macht ein Recensent von Gilbert's Annalen in den Würzburger gelehrten Anzeigen (May 1800. S. 354.)

S. 354) folgende ganz richtige Bemerkung. Er zweifelt, daß dieß Anziehen von einer wirklichen Anziehungskraft, dynamisch oder phoronomisch betrachtet, hergeleitet werden könne; vielmehr sey diese Erscheinung leichter, und erweislicher chemisch-mechanisch zu erklären. Das Quecksilber sey bekanntlich ein schon bey der Temperatur unserer Atmosphäre leicht säurebarer Körper; er verändere also die ihn umgebenden Luftschichten immer, indem er ihnen den Sauerstoff raube. Dieß geschehe auch hier, und indem dieser fast unmerkliche Säurungsprozeß vorgehe, neige sich die Platte, welche das Quecksilber völlig bedeckt, wegen der großen Beweglichkeit des Wagebalkens nach dem Quecksilber hin, indem die Cohäsionsplatte durch einen perpendikulairen Luftzug nach unten gedruckt werde, so wie die Platte durch einen horizontalen Zug, bey leichter Beweglichkeit, pendelartig bewegt werden würde. Die beste Methode, zu prüfen, welche Erklärungsart die beste sey, dürfte diese seyn, daß man diesen unläugbaren Versuch Hermbstädt's im luftleeren Raume zu veranstalten suchte. Fände wirklich eine phoronomisch-dynamische Ursache statt, so würde die Anziehung eben so gut, wie in der atmosphärischen Luft, und vielleicht noch leichter und in weiterer Entfernung geschehen. Wäre hingegen die Ursache eine chemisch-mechanische, so würde die Anziehung unter diesen Umständen nicht statt finden.

Der Herr von Arnim äußerte in einem Briefe an Herrn Gilbert über die Hermbstädt'schen Versuche folgende Meynung. Die Zeit von einigen Sekunden, sagt er, welche in diesen Versuchen erfordert wurden, ehe sich die Anziehung zeigte, scheint mir den Gesetzen der Schwere entgegen, und macht mir

mir eine elektrische Anziehung, wie zwischen den Platten eines Duplikators, wahrscheinlicher. Vielleicht wurde das Quecksilber beym Eingießen in die Schaale elektrisch, und durch das Piedestal isolirt. Doch glaube ich nicht, daß diese entgegengesetzte Elektricitäts-Vertheilung mit den sogenannten galvanischen, eigentlich aber rein elektrischen Ketten in Verbindung steht, da der Gegensatz in jenem Falle durch die Berührung aufgehoben werden, in diesem nur durch die Berührung entstehen kann.

Bey dieser Gelegenheit wurde angemerkt, daß schon der Pater Bertier einige wiewohl mangelhafte Versuche über die gegenseitige Anziehungs- und Zurückstoßungskraft nicht elektrisirter Körper im Jahr 1750 angestellt habe. Allein diese Versuche lassen sich auf eine ganz einfache Art erklären, wie dieß durch ähnliche Versuche des Herrn Eike [y]) außer Zweifel gesetzt worden ist.

Nach meiner Meynung ist es unmöglich, daß des Herrn Hermbstädt's Versuche die Anziehung der Körper gegen einander zeigen können, ob es gleich dynamisch betrachtet keinem Zweifel unterworfen ist, daß sie wirklich Anziehungskraft gegen einander ausüben. Denn die Anziehungskraft unserer Erde ist in Ansehung der Anziehungskräfte solcher Körper, mit welchen die Versuche angestellt wurden, als unendlich groß zu betrachten, und letztere müssen daher als Null angesehen werden. Aus diesem Grunde ist es daher auch unmöglich, daß sich selbst im luftleeren Raume eine Anziehung solcher Körper gegen einander zeigen kann, und wenn sie wirklich erfolgte (wie man nachher gefunden haben will), so müßte sie eine ande-

re

y) Voigt's Magazin. B. VII. St. 2. S. 10.

re Ursache bewirken. Eine Anziehung eines Körpers gegen einen andern kann nicht anders bemerkt werden, als wenn der eine Körper in Ansehung seiner Masse gegen den andern als unendlich groß betrachtet werden kann. Dieß lehrt auch wirklich die Erfahrung bey leichten Pendeln, welche von großen Bergmassen von der Richtung der Schwere in etwas abgelenkt, folglich von diesen angezogen werden.

Cohäsion oder Zusammenhang.

Es ist bereits im vierten Theile S. 31. u. f. angeführt worden, daß Hamberger der erste war, welcher die Lehre vom Zusammenhange der Körpertheile unter einander aus einem ganz andern Gesichtspunkte betrachtete, als alle seine Vorgänger. Er bemerkte ganz richtig, daß die Kraft der Schwere von der Kraft des Zusammenhangs der Theilchen der Körper unter einander, oder mit Theilchen anderer Körper verschieden sey. Er nahm daher an, daß die Körpertheilchen eine eigene Kraft besitzen müßten, welche den Zusammenhang derselben bewirke.

Im Jahr 1772 brachten die Herren de la Grange und Cigna [z]) ein mit Oel bestrichenes Glas auf Wasser, und fanden, daß ein beträchtliches Gewicht nöthig war, das Glas vom Wasser zu trennen. Es hatten aber diese beyden Herren den Grundsatz festgesetzt: daß das Wasser und die ölichten Körper einander zurückstoßen. Wenn also Oel an Wasser hieng, so mußte das Anhängen von einer andern Ursache, z. B. vom Drucke der Luft oder des Aethers abhangen, welche der Anziehung entgegengesetzt ist. Allein diese Behauptung hatte schon Hamber-

z) Journal de physique T. II. p. 472.

berger (Th. IV. S. 33.) widerlegt, und gleichwohl ist sie nach ihm von manchem Physiker wieder hervorgesucht worden.

Guyton Morveau [a]) ward durch de la Grange's und Cigna's Behauptung veranlaßt, über diesen Gegenstand im Jahr 1773 in Gegenwart der Akademie zu Dijon verschiedene Versuche anzustellen, welche ihm zeigten, daß das Wasser sich zwischen zwey Talgplatten erhebt, welche man in dem Abstande von $\frac{1}{8}$ Linie in paralleler Richtung einander nähert; auch glaubte er zugleich bewiesen zu haben, daß der Druck der Luft in diesen Erscheinungen für Nichts gerechnet werden müsse, und daß sie folglich allein von der Anziehung abhiengen, indem eine Scheibe von polirtem Spiegelglase, welche 30 Linien im Durchmesser hatte, an den Arm einer Wagschale gehangen und mit Quecksilber in Berührung gebracht ein Gegengewicht von 9 Drachmen erforderte, und das nämliche Gegengewicht aushielt, nachdem er die Wage unter den Recipienten einer Luftpumpe gesetzt, und diesen so luftleer gemacht hatte, daß das Quecksilber in beyden Röhren des daran befindlichen Schenkelbarometers gleich hoch stand.

Zugleich hatte er beobachtet, daß die nämliche Glasscheibe mit reinem Wasser in Berührung gebracht, mit einer Kraft von 258 Gran daran hieng, indeß sie an einer Auflösung von Potasche, welche eine viel größere Dichtigkeit besaß, nur mit 210 Gran Kraft hieng. Durch diese Versuche ward also erwiesen, daß Hamberger's Behauptung, der Zusammenhang der Theile der Körper unter einander und mit andern

a) Journal de physique T. I. p. 172.

andern Körpern richte sich nach dem specifischen Gewichte der Körper, nicht allgemein wahr sey. Da aber die Kraft der Adhäsion nothwendig mit den Berührungspunkten im Verhältnisse stehen muß, und, nach Morveau's Meynung, die Menge der Berührungspunkte, in der Adhäsion eines flüssigen Körpers mit einem festen, bey gleichen Oberflächen, nur nach der verschiedenen Gestalt der Bestandtheile verschieden seyn kann, so führe uns auch die Abweichung in den Resultaten auf eine Ursache, welche mit der Ursache der Verwandtschaften viel Aehnlichkeit besitze.

Die Beweise für diese Meynung hatte Morveau [b]) bereits im Jahr 1777 gegeben. In der Folge hat er aber diesen Gegenstand etwas weitläuftiger untersucht, und einige Bemerkungen hinzugefügt, welche sich auf Versuche, die unterdessen von einigen Andern gemacht worden sind, beziehen.

Es hatte nämlich im Jahr 1780 Herr Achard [c]) eine große Reihe von Versuchen angestellt, um allgemeine Gesetze aufzufinden, nach welchen sich die Adhäsion richte. Bey Anstellung derselben glaubte er, vorzüglich auf folgende drey Punkte genau Acht haben zu müssen:

1. daß die Fläche des festen Körpers, dessen Anhängen man mit der Flüssigkeit untersuchen will, völlig eben und horizontal war; so wie auch, daß die Kraft, welche man anwendet, um ihn von der Flüssigkeit loszureißen, im Mittelpunkt der Schwere

ange-

b) Elémens de chymie theoretique et pratique. T. I. p. 63. Dijon 1777.

c) Chymisch-physische Schriften. S. 354. ff.

angebracht werde, und beständig in der Richtung wirke, welche mit der die flüssige Materie berührenden Fläche einen rechten Winkel mache.

2. daß zwischen dem festen Körper und der flüssigen Materie keine Luftblasen bleiben, welches bey durchsichtigen Körpern leicht, bey undurchsichtigen aber schwerer zu entdecken ist. Achard brachte daher die Fläche des festen Körpers anfänglich mit der flüssigen Materie schief in Berührung.

3. daß, wenn das Gegengewicht schon so groß ist, daß die Platte dem losreißen nahe ist, man nur auf einmal sehr geringe Gewichte nachlegt, weil man durch größere einen Stoß verursacht, der den Körper von der flüssigen Materie losreißen würde, ehe man so viele Gewichte aufgelegt hätte, als nöthig wäre, die Kraft des Anhängens zu überwältigen.

Achard wollte sich ferner überzeugen, ob bey gleichen Wärmegraden der Druck der Luft auf die Versuche keinen Einfluß habe, und fand keinen merklichen Unterschied in dem Anhängungsvermögen einer Glasscheibe am destillirten Wasser.

Ganz anders aber verhielt es sich, als er diese Versuche bey gleichen Barometerhöhen, und verschiedener Temperatur wiederholte. Bey wärmern flüssigen Materien war die Adhäsion geringer, als bey kältern. Herr Achard suchte aus seinen Beobachtungen eine Formel herzuleiten, um bey allen Graden die correspondirende Adhäsion zu bestimmen. Es sey nämlich der Wärmegrad des Wassers $= x$, die correspondirende Adhäsion $= y$, der Coefficient von $y = b$, und die beständige Größe a, so erhält man diese Gleichung

$$x = a - by.$$

Um

Um nun den Werth von a und b zu finden, stellte er die beyden folgenden Versuche an: 1. als das Wasser auf 104° des Sulzerschen Thermometers erhitzt war, wurde seine Adhäsion mit dem Glase durch ein Gegengewicht von 80 Gran aufgehoben; 2. als das Wasser 56° desselben Thermometers zeigte, waren 89 Gran nöthig. Dadurch bekam er folgende Gleichungen:

$$104 = a - 80b$$
$$56 = a - 89b, \text{ mithin}$$
$$b = \tfrac{48}{9} \text{ und } a = 530.$$

Demnach läßt sich auf solche Art das Verhältniß zwischen der Wärme des Wassers und seinem Anhängungsvermögen an dem Glase auf folgende Art ausdrucken $x = 530 - \frac{48}{9} y$.

Wenn also die Voraussetzung, von welcher Achard ausgieng, richtig ist, so muß bey gleichen Temperaturen das Anhängungsvermögen eines gegebenen Körpers mit dem Wasser nicht nur nach der Größe der Oberfläche zu- und abnehmen, sondern die Differenz muß sich vollkommen wie die Differenz der Oberflächen verhalten. Setzt man also die Adhäsionskraft einer Scheibe, deren Durchmesser = a, an das Wasser = p, und y die Adhäsionskraft einer Scheibe von derselben Materie vom Durchmesser b an das Wasser, so ergiebt sich

$$a^2 : b^2 = p : y, \text{ mithin } y = \frac{p \cdot b^2}{a^2}.$$

Um nun die Richtigkeit dieses durch Rechnung gefundenen Resultats nicht allein beym Wasser, sondern auch bey andern flüssigen Materien darzuthun, gebrauchte Achard Glasplatten von $1\frac{1}{2}$ bis 7 Zoll im

im Durchmesser, bestimmte zuerst ihr Adhäsionsvermögen an diese flüssige Materien durch Versuche, und berechnete es dann nach jener Gleichung. Die Abweichungen von beyden fand er nur sehr geringe.

Nachdem nun Achard den Einfluß der Wärme und der Größe der sich berührenden Flächen auf die Adhäsionskraft des Glases an verschiedenen flüssigen Materien bestimmt hatte, so unternahm er es, auch mit andern festen Körpern über das Anhängungsvermögen an verschiedene flüssige Materien Versuche anzustellen. Bey allen diesen Versuchen hatten die flüssigen Materien immer einerley Wärme, nämlich den 32ten Grad der Sulzerischen Skale. Hiebey warf sich Herr Achard diese Frage auf: ob nicht die Ursach der verschiedenen Anhängungen der flüssigen Materien in dem Zusammenhange der Theile des flüssigen Körpers unter einander zu suchen sey? und folglich die Adhäsionskraft im Verhältniß des Produkts ihrer Schwere und der Cohäsion ihrer Theile stehen müsse? Die Beantwortung dieser Frage gab er auf folgende Art:

Die Cohäsion der Theile des Wassers sey $= 1000$.

Die Cohäsion der Theile einer andern flüssigen Materie $= b$.

Die Adhäsionskraft des Wassers am Glase $= c$.

Die Adhäsionskraft einer andern flüssigen Materie an dieselbe Glasscheibe $= d$.

Die specifische Dichtigkeit des Wassers $= m$.

Die specifische Dichtigkeit der andern flüssigen Materie $= n$.

Wenn nun vorausgesetzt wird, daß die Adhäsionskraft aus diesen beyden Ursachen (Schwere und Cohä-

Cohäsion) zusammengesetzt ist, so findet folgendes Verhältniß statt:

$c : d = 1000\,m : nb$, und daher

$$b = \frac{1000\,md}{nc}.$$

Durch Hülfe dieser Gleichung hat Achard den Werth von b für alle gebrauchte flüssige Materien bestimmt. Bey Vergleichung der Resultate seiner Versuche fand er aber bald, daß der Werth von b nicht die Cohäsion der flüssigen Theile unter einander ausdruckt; denn in diesem Falle mußte für die fetten Oele der Werth von b größer seyn, als für das Wasser, welches sich aber nicht so verhält. Ueberhaupt ergab sich, daß b eine andere unbekannte Eigenschaft bedeutet. Wenn nun, schließt Achard, diese Eigenschaft der flüssigen Körper, welche auf die Vermehrung ihrer Adhäsion an die festen Körper einen Einfluß hat, eine allgemeine Eigenschaft, und nicht bloß auf die Adhäsion dieser flüssigen Materien am Glase eingeschränkt ist, so muß man durch dieselbe Rechnung auf Resultate kommen, welche mit der Erfahrung übereinstimmen, wenn man die Beobachtungen über die Adhäsionskraft des Wassers an feste Körper von verschiedener Materie zum Grunde legt. Da nun Achard den Werth von b bestimmt hatte, so hatte er nur nöthig, noch den Werth von d zu finden, welcher die Adhäsionskraft der Platten von verschiedener Materie an die gebrauchten Flüssigkeiten ausdruckt. Aus der Gleichung

$$b = \frac{1000\,md}{nc} \text{ fand er } d = \frac{bnc}{1000\,m}$$

Auf diese Art hat Achard die Werthe von d, oder die Adhäsionskräfte von 19 festen Körpern mit

verschiedenen Flüssigkeiten bestimmt. Da er nun fand, daß unter 481 Resultaten 357 noch nicht um eine Einheit, und nicht mehr als 3 um 2 von den durch die Rechnung bestimmten abwichen; daß ferner die Differenz bald eine unbedeutende Zahl mehr, bald eine weniger als die Erfahrung betrug, so schloß er auf die Allgemeinheit folgender Regel: daß der Werth von b von der Figur der kleinsten Theile der Flüssigkeit abhängt, indem diese, wenn sie so beschaffen ist, daß sie den festen Körper in mehr oder weniger festen Punkten berührt, auf die Adhäsionskraft, welche im Verhältnisse der Berührungspunkte ist, einen großen Einfluß hat; und b würde also die Summe der Berührungspunkte ausdrucken, in welchen der flüssige Körper nach der Figur seiner kleinsten Theile den festen Körper berühren kann.

Ueberdieß bemerkte auch Achard, daß die Eigenschaft der Körper, welche die Abweichungen in der Anhängung verschiedener festen Massen an derselben Flüssigkeit hervorbringt, nicht von der Dichtigkeit dieser festen Massen abhängt. Es müsse also eine andere Ursache vorhanden seyn; und diese liege nur in der größern oder geringern Fähigkeit der Theile des festen Körpers, mit dem flüssigen in Berührung zu kommen.

Aus diesen Sätzen entwirft nun Achard folgende Formel, die zur vollkommenen Berechnung des Anhängungsvermögens eines festen Körpers an einen flüssigen dienen soll.

Es sey nämlich die Anzahl der Punkte, in welchen eine gläserne Scheibe von einer bestimmten Größe das Wasser berühren kann, = 1000.

Die

Die Anzahl der Punkte, in welchen eine Scheibe von gleicher Größe, aber von einer andern Substanz, das Wasser berühren kann, $= B$.

Die Kraft der Anhängung des Wassers am Glase $= C$.

Die Kraft, mit welcher die von der andern Substanz gemachte Scheibe an dem Wasser anhängt, $= D$.

Das specifische Gewicht des Glases $= M$.

Das specifische Gewicht der andern Substanz $= N$

so erhält man dieses Verhältniß

$$c : d = 1000\,M : NB.$$

Nun war $c : d = 1000\,m : nb$;

woraus folgt $\frac{1000\,DM}{NB} = \frac{1000\,dm}{nb}$, oder

$$DMnb = dmNB$$

woraus sich das Verhältniß ergiebt

$$b : B = dmN : DMn$$

Da nun sowohl n und N, als m und M als bekannt angesehen werden können, und b sowohl als d bekannt ist, ferner D leicht durch einen Versuch bestimmt werden kann, so läßt sich auch durch diese Gleichung der Werth von B, d. i. die Eigenschaft der festen Körper, vermöge welcher sie an eben derselben Flüssigkeit mit verschiedenen Kräften anhängen, und welche von der Figur ihrer kleinsten Theile abhängt, leicht bestimmen.

Auch Herr du Tour [d]) hat eine Reihe von Versuchen über das Anhängen verschiedener festen Körper an flüssige Materien angeführt, und einige Bemer-

d) Journal de physique T. XV. p. 234. T. XVI. p. 83. T. XIX. p. 137.

merkungen beygefügt. Er behauptet, wie auch Brook Taylor bereits geglaubt hat, daß in allen den Fällen, wo man feste Körper an eine flüssige Materie bringt, die daran nicht hangen bleibt, das Anziehungsvermögen allein der Trennung widersteht, daß das Verhältniß der Widerstände überhaupt sich nicht auf die verschiedene Dichtigkeit der Flüssigkeit gründet, und folglich eine von dieser Dichtigkeit unabhängige Ursache sich mit ihr verbinden müsse, um die Körper zu diesen mannigfaltigen Anhängungen zu bestimmen. Diese für sich bestehende Ursache hat er durch folgenden Versuch deutlich anzugeben geglaubt: wenn man nämlich ein Kugelstück oder Uhrglas an einem festen Punkte so aufhängt, daß die hohle Fläche nach unten gerichtet ist, und unmerklich Wasser oder Quecksilber in ein darunter gestelltes Gefäß fließen läßt, so steigt die Flüssigkeit, bis sie die Höhe des innersten Punkts der convexen festen Fläche erreicht, und in diesem Augenblick bildet sie eine Berührungsfläche auf einem Kugelabschnitt, deren Maaß 15 Linien für das Wasser, und 5 für das Quecksilber giebt.

Herr du Tour bemerkt aber, daß er 1. eine Ungleichheit oder Unbeständigkeit in den Resultaten seiner Versuche wahrgenommen habe; 2. daß der Druck des Luftkreises einen beträchtlichen Einfluß auf die Erfolge habe; und 3. daß man, so bald der feste Körper einige Theile des flüssigen mit sich fortreißt, nur den Zusammenhang der Theile dieses leztern messen könne.

Unter die zufälligen Ursachen, welche hier die Gleichmäßigkeit der Wirkung stören, rechnet du Tour vorzüglich die Schwierigkeit, Scheiben von vollkommen gleichem Durchmesser, und gleich platter Oberfläche

fläche zu erhalten; daß der mindeste Stoß, der leiseste Hauch und eine unmerkliche Veränderung in der Richtung der Kraft, welche die Adhäsion überwältigen soll, die Trennung oft beschleunige, und daß Glas von verschiedener Beschaffenheit zur Adhäsion mehr oder weniger geneigt seyn. So führt er an, daß er drey Scheiben von demselben Glase zu 11, 10 und 9 Linien im Durchmesser angewendet, und den Widerstand zur Trennung des Wassers ohngefähr im Verhältnisse der Quadrate der Durchmesser gefunden habe. Es ist aber zu bemerken, das du Tour in diesen Vergleichungen die Temperatur der flüssigen Materien nicht mit in Betrachtung gezogen hat.

Ueberhaupt aber ist du Tour der Meynung, daß das Gesetz, daß sich die Adhäsionskraft einer Flüssigkeit an einerley festen Körper, wie die Menge der Berührungspunkte auf den Oberflächen verhalte, nicht richtig sey; beym Quecksilber sey dieß Gesetz vielmehr gerade umgekehrt. Er versichert bemerkt zu haben, daß der Widerstand gegen die Trennung vom Glase in dem Verhältnisse abnimmt, in welchem die Durchmesser zunehmen; und man könnte sogar vermuthen, daß der Widerstand des Quecksilbers bey einer gewissen Größe am Glasdurchmesser der Kraft des Wassers gleich seyn würde, ja vielleicht noch geringer als diese. So bemerkt er, daß er zwischen einer Glasscheibe von 11 Linien und dem Quecksilber, das sich in einem Gefäße von gleichem Durchmesser eingeschlossen befand, durchaus keine Adhäsion habe hervorbringen können.

Durch andere Versuche hat aber du Tour sich überzeugt geglaubt, daß der Druck der Luft noch einigen Antheil an der Adhäsion habe. Sie sind folgende:

1. Eine Spiegelglasscheibe von 12 Linien im Durchmesser, die in der Mitte mit einem Loche von $7\frac{3}{4}$ Linien durchbort ist, hängt am Wasser mit einer Kraft von 33 Gran. Wenn man den leeren Theil bedeckt, oder eine volle Scheibe von gleichem Durchmesser auf die vorige befestigt, so beträgt der Widerstand der Trennung 48 Gran, d. i. eben so viel, als die volle Scheibe für sich erfordert.

2. Ein cylindrisches Gefäß, in Gestalt eines tubulirten Recipienten von 11 Linien im Durchmesser der untern Oeffnung, welches an einem Wagebalken ins Gleichgewicht gesetzt wird, erfordert ein Gegengewicht von 16 Gran zur Trennung, wenn man die Oeffnung mit Wasser in Berührung bringt, und das Gefäß unverschlossen läßt. Verschließt man es aber, so daß es tubulirt bleibt, so hält die Adhäsion 44 Gran aus, und die Trennung findet nur bey 45 Gran statt.

Läßt man die Röhre offen, taucht hierauf den Cylinder 8 Linien tief in Wasser, und verschließt sie nun, so braucht man 150 Gran, um den untern Rand mit der Masse der Flüssigkeit in wagrechten Stand zu bringen. Der Wassercylinder erhebt sich zu gleicher Zeit, und die Trennung geht erst vor sich, wenn die Gegengewichte 179 Gran übersteigen. Taucht man aber den Cylinder nur 4 Linien tief ins Wasser, so ist der Widerstand der Trennung nur 109 Grad.

3. Der nämliche cylindrische Recipient äußert gar kein Anhängungsvermögen zum Quecksilber, die Röhre mag offen oder verschlossen seyn. Versenkt man hingegen den Cylinder mit geöffneter Röhre in Quecksilber, bis zur Tiefe von $1\frac{1}{2}$ Linie, und verstopft die Röhre nun, so wird er nur durch Gegengewichte zum Steigen gebracht; die Schicht des innerhalb gelege-

legenen Quecksilbers folgt der Erhebung des Cylinders, bis sein innerer Rand sich mit der ihn umgebenden Flüssigkeit in wagrechtem Stande befindet, und die Trennung wird nur durch 736 Gran bewirkt. Versenkt man den nämlichen Recipienten 4 Linien unter der Fläche des Quecksilbers, so beträgt der Widerstand 1332 Gran.

4. Man hänge ein 2 Linien dickes Haarröhrchen in Gleichgewicht an einen Wagebalken, und gieße tropfenweise Wasser in eine darunter gesetzte Schaale, bis es das untere Ende der Röhre berührt; man gebrauche aber die Vorsicht, die Wage immer in vollkommenem Gleichgewicht zu erhalten, damit sie allmählig und ohne Stoß sinken könne, so wird man sehen, daß sich die Röhre von selbst 2 Linien in das Wasser der Schaale senkt, und das Wasser, welches sonst wegen der Kleinheit ihres Umfangs innerhalb auf $17\frac{1}{2}$ Linien gestiegen wären, erhebt sich nun nur auf 4 Linien über die Fläche der Flüssigkeit.

Vermindert man nach und nach das Gegengewicht, welches die Röhre hält, so senkt sie sich immer mehr in das Wasser; aber das Wasser steigt noch immer nur bis zu 4 Linien.

Nimmt man andere Röhren von gleicher Dicke mit der vorigen, aber von größerer Weite, so bleibt die Versenkung die nämliche; aber in dem Aufsteigen der Flüssigkeit zeigt sich ein Unterschied; und dieses Aufsteigen beträgt gewöhnlich den vierten Theil von der Höhe der Säule, welche das nämliche Haarröhrchen trägt, wenn es an einem festen Punkt hängt und keine Versenkung leidet.

Röhren von geringerer Dicke tauchen sich tiefer ein. Eine $1\frac{1}{2}$ Linie dicke Röhre, welche eine Wasser-

säule von $21\frac{1}{2}$ Linie tragen konnte, versenkte sich auf $3\frac{1}{2}$ Linien, und die Aufsteigung betrug $6\frac{1}{2}$ Linien.

Diese beweglichen Röhren versenken sich tiefer, je dünner sie sind, wenn gleich der Weitenmesser grösser ist, und also das Wasser in ihnen nicht so hoch steigen kann. Eine gläserne Röhre von $\frac{2}{3}$ Linie in der Dicke, in welcher das Wasser nur auf $17\frac{1}{2}$ Linien steigt, versenkt sich $17\frac{1}{2}$ Linien, und das Wasser steigt 5 Linien.

Nicht die Haarröhrchen allein, sondern alle Röhren überhaupt sind dieser Eintauchung unterworfen. Ein Glascylinder von 11 Linien im äußern Durchmesser, von $\frac{1}{2}$ Linie in der Dicke, versenkt sich 2 Linien, sobald ihn das Wasser erreicht, und nach 12 Sekunden beträgt seine Eintauchung 3 Linien. 13 Gran zugesetztes Gegengewicht bringen die Mündung wieder in ebener Fläche mit dem Wasser; 15 Gran erhalten ihn noch an der obern Wasserfläche, und $\frac{1}{2}$ Gran mehr trennt ihn davon.

Diese Eintauchung findet statt, wenn gleich die innere Oeffnung der Röhren verstopft ist, selbst bey festen Cylindern von Glas und andern Materien, und sie geschieht jedesmal desto tiefer, je kleiner die Cylinder sind. Ein Eisenfaden von $\frac{2}{3}$ Linien im Durchmesser hatte sich nach Verlauf einiger Stunden 18 Linien tief eingetaucht, und einer von 4 Linien im Durchmesser schien sich $\frac{1}{2}$ Linie tief einzutauchen. Ein Cylinder von gelbem Wachs wurde in einer Glasröhre, deren Ende man mit einer dünnen Wachsschichte versiegelt hatte, von der Wasserfläche erreicht, ohne sich zu versenken, und die Eintauchung ging erst vor sich, nachdem man das Wasser über die Schicht erhoben hatte.

5. Wenn

5. Wenn man ein cylindrisches Gefäß von sehr dünnem Glase, zu 11 Linien im Durchmesser, vollkommen mit Wasser anfüllt, und eine Glasscheibe von gleichem Durchmesser, die an einem Wagebalken hängt, genau heranbringt, so kann das Wasser nur durch etwas mehr als 71 Gran davon getrennt werden; die nämliche Scheibe mit einer größern Oberfläche in Berührung, widersteht nur der Luft mit 33 Gran.

Unter eine Glasscheibe von 6¼ Linien im Durchmesser, welche vollkommen horizontal an einen festen Punkt gehängt wird, setze man eine Unterschaale, die man bis zur Berührung mit der Scheibe mit Wasser füllt. Man nehme nun aus der Unterschaale einen Theil Wasser heraus, und so wie jetzt die obere Fläche des Wassers sinkt, bildet der am Glase hangende Theil des Wassers selbst eine Scheibe, welche anfänglich gleichen Durchmesser mit der Glasscheibe hat; aber stufenweise nimmt der Durchmesser ab, so daß die ganze Lage Wasser die Figur eines umgestürzten Kegels bildet, und im Augenblick der Trennung beträgt der Durchmesser nur 5,95 Linien. Die nämliche Erscheinung zeigt sich, wenn man, anstatt Wasser aus der Schaale herauszunehmen, nach und nach Gegengewichte zusetzt, um die Scheibe zu erheben, und es hängt sich desto mehr Flüssigkeit an die Scheibe, je größer der Durchmesser derselben ist.

Das Quecksilber hängt sich bey einem ähnlichen Versuche ebenfalls an Glas an, und noch weit beträchtlicher; die Adhäsion verhält sich auch hier wie die Durchmesser der Scheiben. Nur ist die Gestalt, welche die oberste am Glase hangende Lage Quecksilber bildet, derjenigen des Wassers völlig entgegengesetzt;

setzt; das Quecksilber ist nämlich unten breiter und oben schmäler.

Hieraus zog nun du Tour den Schluß, daß der Druck der Luft einen beträchtlichen Einfluß auf das Anhängungsvermögen habe, und daß sich aus diesem Vermögen allein bey weitem nicht alle Erscheinungen erklären lassen. Es müßte daher noch eine andere uns verborgene Ursache geben.

Da diese Untersuchungen und Bemerkungen vorzüglich gegen Morveau's Meynung gerichtet waren, als welcher behauptete, daß jederzeit das Anhängungsvermögen mit der Menge der Berührungspunkte im Verhältnisse stehe, und der Druck der Luft oder einer andern feinen flüssigen Materie gar keinen Einfluß darauf habe, so unternahm es Morveau, diesen Gegenstand einer neuen Prüfung zu unterwerfen, und seine vorige Behauptung dadurch zu rechtfertigen e).

Morveau bemerkt vors erste, daß man den Ausdruck Adhäsion (Anhängung) von der Cohäsion sorgfältig unterscheiden müsse, welche beyde gewöhnlich verwechselt würden. Die Adhäsion vereinige zwey ähnliche Körper bis zu einem gewissen Punkte; die Cohäsion hingegen bewirke den Zusammenhang der Theile eines Körpers unter einander; der Körper möge nun an und für sich homogen gewesen, oder erst durch die Verwandtschaft der ihn zusammensetzenden Theile homogen geworden seyn.

Morveau ließ sich vollkommen runde Platten von verschiedenen Metallen, 1 Zoll im Durchmesser und

e) Allgemeine theoretische und praktische Grundsätze der chemischen Affinität oder Wahlverwandtschaft. a. d. Franz. von D. J. Veit. Berlin 1794. 8.

und von gleicher Dicke verfertigen. In der Mitte der einen Oberfläche war ein kleiner Ring befestigt, der sie an der Linie schwebend erhielt, welche durch den Mittelpunkt ihrer Schwere und Figur gieng. Die Metalle waren möglichst rein.

Er befestigte nun eine dieser Platten an der Probierwage, brachte sie mit der entgegengesetzten Schaale ins Gleichgewicht, und ließ sodann die Platte auf der Oberfläche des Quecksilbers, welches er in eine Untertasse, in einem Abstande von 2 Linien von der Platte selbst, gegossen hatte, ganz sanft hingleiten, so wie man bey dem Belegen der Spiegel verfährt. Nun bestimmte er mit Genauigkeit die Summe der Gewichte, welche zur Aufhebung der Anhängung nothwendig waren.

Diesen Versuch wiederholte er mit einer jeden Platte, und nahm jedesmal anderes Quecksilber. Folgende Tafel giebt die Resultate seiner Versuche an:

Gold hängt am Quecksilb. mit einer Kraft von	446	Gran
Silber - - - - -	429	-
Zinn - - - - -	413	-
Bley - - - - -	397	-
Wismuth - - - -	372	-
Zink - - - - -	204	-
Kupfer - - - - -	142	-
Spießglanzkönig - - -	126	-
Eisen - - - - -	115	-
Kobalt - - - - -	8	-

Wenn man nun die Ursachen untersuche, worin diese beträchtlichen Abweichungen gegründet seyn möchten, so sehe man bald ein, daß der Druck der Luft keinen Theil daran haben könne, weil er bey allen Versuchen derselbe gewesen.

Auch

Auch die Glätte der Oberfläche trage nichts zur Verstärkung des Anhängens bey; denn eine glatte Oberfläche verhindere das Anhängungsvermögen noch mehr, weil die Flüssigkeit sich auf einer höckrichten mehr entwickeln und ausbreiten könne.

Diese Abweichungen gründeten sich auch nicht auf die verschiedene Dichtigkeit; sonst müßte das Silber auf das Bley folgen, der Kobalt stärker anhängen als der Zink, das Eisen stärker als das Zinn u. s. w.

Nun fragt Morveau, welcher Ordnung werde man also diese Erscheinungen unterwerfen können? Die Ordnung der Verwandtschaften werde uns zur Regel dienen, d. h. im gegenwärtigen Fall, die Stufenleiter der größern oder geringern Auflöslichkeit der Metalle im Quecksilber. Das Gold amalgamire sich am schnellsten, und behaupte auch den ersten Rang in der Anhängungstabelle; Eisen und Kobalt seyen in Quecksilber unauflöslich, und also auch die lezten in der Reihe.

Aus dieser Uebereinstimmung, welche gewiß nicht ein Werk des Zufalls sey, ließen sich Folgerungen herleiten, welche die Theorie der chemischen Erscheinungen in ein helles Licht sezten. Man sehe klar, daß sie alle von derjenigen allgemeinen Eigenschaft der Materie abhiengen, die wir Anziehung nennten; daß diese unveränderliche, immer denselben Gesezen unterworfene Eigenschaft, nach den Entfernungen und Näherungen, welche in der Mannigfaltigkeit der elementarischen Formen ihren Grund hätten, verschiedene Wirkungen hervorbringe; daß bey der Berührung jeder Materie Adhäsion statt finde; daß die Adhäsion die erste Wirkung, oder besser, den ersten Augenblick der Verwandtschaft ausmache; daß die Verwandtschaft

schaft nichts anders sey, als ein so hoher Grad der Adhäsion, daß er völlige Auflösung der kleinsten einander berührenden Theile hervorzubringen vermöge; mit einem Worte: daß man die Verhältnisse der Verwandtschaften durch die Verhältnisse der Adhäsion ausdrücken könne.

Durch Vervielfältigung von Beobachtungen könnte man diese Methode noch auf viele andere Fälle ausdehnen, und sie zur Vergewisserung anderer Resultate anwenden. Wir seyen in der That von dem vorgesteckten Ziele noch sehr weit entfernt; die Kenntniß der verschiedenen Figur der kleinsten Theile, auf welche sich die verschiedenen Adhäsionen und Verwandtschaften gründeten, fehle uns noch ganz, daß wir nicht Mittel genug zu diesem Endzwecke vereinigen könnten. In dieser Rücksicht sey die Untersuchung sehr wichtig, ob das Anhängungsvermögen der in den Säuren auflöslichen Körper mit den Graden der Verwandtschaft, welche diese Körper gegen die Säuren ausübten, übereinstimme? Man kenne die Verwandtschaften der Metalle in der Schmelzung nur noch sehr unvollkommen, und man würde sie vielleicht bestimmen können, wenn man das Schmelzbare flüssig erhielte, und die übrigen Metalle in Gestalt fester Platten auf die Oberfläche des Bades brächte, so wie er es mit dem Quecksilber gemacht habe. Nur müßte man auf die Wirkung des ersten Augenblicks genau Acht haben, und die Metalle bey der Berührung nicht erkalten lassen; denn in diesem letztern Falle werde das Anhängungsvermögen dem Zusammenhangsvermögen der kleinsten homogenen Metalltheilchen beynahe gleich. Die Erscheinung lasse sich leicht erklären; denn die Berührung werde durch die Leichtigkeit, mit welcher die flüssigen

sigen Theile sich über einander bewegten, weit vollkommener, oder vielmehr, die Berührung sey in diesen Anhängungen, wie Bailly bemerkt habe, völlig als die größte Annäherung der Theilchen zu betrachten.

Morveau bedauert, daß Achard bey seinen Versuchen keine einfachen Substanzen gewählt hat, deren stärkere und besser bekannte Verwandtschaften uns in den Stand gesetzt hätten, eine entscheidendere Parallele zwischen der auflösenden und der Anhängungskraft anzustellen, oder wenigstens ein beständiges Verhältniß zwischen diesem letztern Vermögen und dem Grade der Festigkeit der verschiedenen Zusammensetzungen zu entdecken; denn die Berührungsfähigkeit sey zwar die wesentliche Ursache der Verwandtschaften; aber diese erste Ursache werde von so vielen untergeordneten verändert, daß man die Verwandtschaft, welche die Verbindung hervorbringe, von der, welche sie erhalte, wohl unterscheiden müsse.

Er bemerkt, daß man, um das Anhängungsvermögen bey solchen Materien, welche sich gegenseitig auflösen, zu bestimmen, nur einen Augenblick mit dem Aufheben der gegenseitigen Berührung zögern dürfe, und es bilde sich zwischen dem festen und flüssigen Körper eine Lage, welche nicht mehr einen von beyden einfachen Körper ausmache, sondern aus beyden zusammengesetzt sey; daß diese zusammengesetzte Mischung sich in der Flüssigkeit vertheile, ihre Dichtigkeit, und selbst ihre anziehende Eigenschaft verändere; daß sie das Gewicht der Scheibe vermehre, sobald sie sich, wie beym Amalgama, daran hänge, und, im Fall die Trennung in der Dicke der Lage geschehe, man alsdann die Anhängung des festen Kör-

Körpers am flüssigen zu messen glaube, indem man nur den Zusammenhang der Theile dieser Mischung bestimme; aber in einem Augenblicke müsse wenigstens Berührung statt finden, ohne daß die Auflösung schon so weit gekommen sey, um der Angabe merklich schaden zu können.

Morveau verfertigte sich einen Cylinder von weißem krystallinischen Marmor von $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, hieng ihn an den Arm einer vollkommen im Gleichgewicht gebrachten Wage auf und brachte das eine Ende an darunter gesetztes Quecksilber völlig wagrecht an. Die Anhängung wurde durch 22 Gran aufgehoben, als die Oberfläche des Quecksilbers 2 Zoll betrug, und erforderte 181 Gran bey einer Oberfläche von 5 Zoll im Durchmesser.

Destillirtes Wasser erforderte 100 Gran zur Aufhebung des Anhängens.

Ueberhaupt bleibt Morveau bey diesem Satze stehen: daß Verwandtschaft und Anhängungsvermögen mit einander übereinstimmen, welchen Satz eine Menge Thatsachen bewiesen.

Was des Herrn du Tour Versuche über das Anhängen des Quecksilbers an Glasflächen von verschiedenen Durchmessern betreffe, daß nämlich der Widerstand gegen die Trennung des Glases in dem Verhältniß abnehme, in welchem die Durchmesser zunehmen, so bemerkt Morveau, daß sich diese Beobachtung befriedigend auf folgende Art erklären lasse. Wenn man ein wenig Quecksilber auf Spiegelglas fallen lasse, so behalte es darauf die Gestalt eines applattirten Kügelchens, und ungeachtet es, vermöge seiner Schwere, sich in eine größere Berührungs-

fläche ausdehnen sollte, so blieben doch die untersten Ränder erhaben, und beynahe so rund, als die obern. Man müsse es mit einem Gewichte belegen, wenn seine Berührungsfläche sich so weit ausdehnen solle, als es die Menge der Materie zulasse. Die Ursach dieser Erscheinung sey, wie bekannt, die starke Anziehung, welche die Theile dieser Flüssigkeit gegen einander äußerten, und vermöge welcher sie ein beständiges Bestreben zeigten, im Schwerpunkt der Masse mit einander vereinigt zu bleiben. Dieß vorausgesetzt sehe man nun deutlich ein, daß im umgekehrten Fall, da man das Spiegelglas über das Quecksilber anbringt, keine vollkommene Anziehung eher statt finden könne, als bis die Convexität der Flüssigkeit aufgehoben sey, d. h. bis man der Kraft, durch welche diese Convexität hervorgebracht werde, eine andere sie aufhebende Kraft entgegengesetzt habe. Bey der Verfahrungsart, wo das Gewicht der Scheibe durch das Gegengewicht vernichtet werde, könne diese Kraft nur in dem Bestreben des Glases, sich mit dem Quecksilber zu vereinigen, bestehen. Hier entstehe also eine Wirkung, welche im Voraus einem Theile des Gewichts, das zur Aufhebung oder Anhängung nöthig sey, das Gleichgewicht halte. Da nun diese Wirkung um desto merklicher werde, und der hierdurch aufgehobene Theil des Gegengewichts verhältnißmäßig zu einer desto größern Masse anwachsen müsse, je mehr die horizontale Richtung der Berührungsfläche zunehme, und sich von der krummen Linie der Convexität entferne, so sey es deutlich, warum bey dieser Flüssigkeit der Widerstand nicht mehr nach dem Verhältniß der Durchmesser berechnet werden könne, wie du Tour gefunden habe.

Auch

Auch habe du Tour dieses sehr wohl eingesehen, da er sage, daß er zwischen einer Glasscheibe von 11 Linien und dem Quecksilber, das sich in einem Gefäße von gleichem Durchmesser eingeschlossen befunden, durchaus keine Adhäsion habe hervorbringen können, ohne Zweifel wegen dem Bestreben des Quecksilbers, sich in einer converen Oberfläche anzuhäufen, welche in einem engern Raume um so converer werde, da er vermuthe, daß ähnliche Umstände den Mangel an Uebereinstimmung zwischen seinen und des du Tour's Versuchen veranlaßt haben könnten.

Hieraus folge nun unwidersprechlich, daß ungleiche Scheiben, welche man auf eine Quecksilbermasse von der nämlichen Gestalt, oder, welches einerley sey, auf eine gleich große in einem ähnlichen Gefäße enthaltene Menge Quecksilber anbringe, um so viel weniger Gegengewicht zu ihrer Trennung erfordern, als ihre Oberfläche größer sey; daß in diesem Fall die Summe der Gegengewichte, welche in die Wage gelegt werden müßten, nicht mehr das Maaß von der totalen Adhäsionskraft dieser Oberfläche sey, sondern bloß das Maaß von dem Uebergewicht dieser Kraft über das Bestreben der kleinsten Theile des Quecksilbers, sich wieder in dem Punkte zu vereinigen, von welchem sie entfernt wurden, um die Berührungsfläche zu bilden. Um also mathematisch-richtige Resultate zu erhalten, müsse man die Schätzung dieser zweyten Kraft in eben dem Verhältniß vermehren, als man Scheiben von größerem Durchmesser wähle, so daß bey allen Versuchen die Ränder der Scheiben in dem Augenblicke von der Flüssigkeit gleich weit entfernt wären, wo ihre Mittelpunkte

punkte sie zu berühren anfiengen. Dieß habe du Tour nicht beobachtet, sonst würden die Zweifel, welche anscheinende Unregelmäßigkeiten in ihm rege gemacht hätten, sogleich verschwunden seyn; denn der Grundsatz, daß sich die Wirkungen wie die Ursachen verhalten, könne nur alsdann in der Erfahrung dargestellt werden, wenn man entweder bis auf eine erste und einzige Ursache zurückgehen, oder jede untergeordnete Ursache für sich erwägen könne.

Morveau schließt daher, daß die Anhängungsgesetze allgemein und beständig seyen, und daß die schwierige Untersuchung diese Wahrheit nur noch mehr bestätige und uns neue Wege eröffne, durch welche wir sowohl die anscheinend widersprechenden Erscheinungen auf die allgemeine Regel zurückführen, als auch über die Theorie der Auflösungen wichtige Aufschlüsse erhalten können. In Ansehung dieser leztern dürfe er den scharfsinnigen Versuch nicht übergehen, durch welchen du Tour bewiesen habe, daß ein Haarröhrchen, welches man an einen festen Punkt anhänge, eine Wassersäule von $15\frac{1}{2}$ Linien über der Immersionslinie, und nachdem es in Gleichgewicht mit dem Arm einer Wage gebracht worden, nur eine Wassersäule von ohngefähr 4 Linien über den Immersionspunkt trage. Die Ursache sey klar. In dem zweyten Falle werde die Röhre von dem eindringenden Wasser an- und hinuntergezogen; das Wasser habe also einen Theil seiner Aufsteigungskraft auf dieses Hinunterziehen der Röhre angewendet; da hingegen in dem ersten Falle, wo der feste Punkt das Sinken der Röhre nicht zulasse, die Aufsteigungskraft des Wassers ungetheilt, also größer sey.

In Ansehung der Behauptung des Herrn du Tour, daß nämlich der Druck der Luft einen Antheil

an

an dem Anhängungsvermögen habe, behauptet Morveau gerade das Gegentheil. Denn seine Erfahrungen, die er im luftleeren Raume über das Anhängen angestellt habe, zeugten überwiegend gegen des du Tour Meynung, und könnten von den neuen Beobachtungen nicht widerlegt werden.

Der oben n. 1. angeführte merkwürdige Versuch des Herrn du Tour sollte ein Einwurf gegen den Satz seyn, daß sich die Adhäsion wie die Menge der Berührungspunkte verhalte; allein um diesem Einwurfe Kraft zu geben, bemerkt Morveau, hätte du Tour nicht eher den leeren Raum mit der Spiegelglasfläche bedecken, und so die Fläche des Vertikaldrucks vergrößern sollen, als bis vorher der Widerstand, welchen diese Scheibe der Trennung thue, mit dem Widerstande der vollen Scheiben, sowohl in Beziehung auf die Berührungsflächen als auf die Flächen des Vertikaldrucks, in ein genaues Verhältniß wäre gebracht worden; und dieß sey hier nicht geschehen.

Die Berührungsfläche einer Scheibe von 12 Linien im Durchmesser betrage 111 Quadratlinien, und die einer ähnlichen Scheibe, welche in der Mitte durchbort sey, unter einem Diameter von 17314 Linien nur 64,84 Quadratlinien; da nun für den Widerstand der ersten Scheibe 48 Gran gefunden sey, so sollte der Widerstand der zweyten nicht 33, sondern nur 28 Gran ausmachen, nach dem Verhältniß 111:48 = 64,84:28.

Dieser Unterschied sey zu beträchtlich, um als zufällig angesehen werden zu können; und er werde noch beträchtlicher, wenn man bedenke, daß er hier 48 Gran für die Adhäsion einer vollen Scheibe von

12 Linien im Durchmesser annehme; ein Gewicht, welches nicht sowohl den Widerstand, den eine solche Scheibe der Trennung entgegensetzt, als vielmehr den Widerstand der bedeckten Rundung bezeichne. Nehme er zur Grundlage dieser Berechnung entweder seine Beobachtungen über die Adhäsion einer Scheibe von 30 Linien im Durchmesser, oder die Beobachtungen der Herren Achard und Besile, oder auch die eigenen des Herrn du Tour mit Scheiben von 9, 10 und 11 Linien im Durchmesser, so würde sich finden, daß die höchste Schätzung der Adhäsion einer vollen Scheibe von 12 Linien im Durchmesser sich auf 41,28 Gran belaufen würde, und die mittlere Zahl also auf 39; werde nun diese letztere Summe zum Grunde gelegt, so hätte der Widerstand des rundgeschnittenen Glases nie 22,78 Gran ausmachen sollen, wenn man nämlich nie vergesse, daß dieser Widerstand sowohl mit ihrer Berührung nach Art der vollen Scheiben, als auch mit dem Vertikaldruck im Verhältniß stehen müsse.

Was solle man sich nun als Ursache eines Mißverhältnisses denken, welches beynahe ein Drittheil der durch die Beoachtung angegebenen Größe betrage? Herr Morveau giebt sie so an: Das rundgeschliffene Glas habe vor den vollen Scheiben noch einen innern kreisrunden Rand voraus, welcher das Wasser anziehe, und woran sich diese Flüssigkeit aus eben den Ursachen und auf eben die Art, wie an dem äußern, anhänge. Diese Erklärungsart scheint ihm so richtig, daß er die Behauptung wagt: eine Scheibe, welche aus lauter concentrischen Rundungen mit ihren Rändern angemessenen Zwischenräumen gebildet wäre, würde nach den Umständen zwey und dreymal so

so stark widerstehen, als eine volle Scheibe vom Durchmesser der letzten Rundung. Daher müsse auch die im Mittelpunkt ausgehöhlte Scheibe des Herrn du Tour, als die innere Oeffnung eines Cylinders betrachtet werden, dessen Wände $2\frac{1}{8}$ Linien in der Dicke hätten; durch Versuche sey es aber bekannt, daß in Gleichgewicht gebrachte cylindrische Gefäße sich nach der größern oder geringern Dicke der Wände mehr oder weniger ins Wasser versenkten. Da nun die Rundung der Berührung eine neue Fläche darbiete, so dürfe man sich nicht mehr über die stärkere Anziehung wundern, und man sehe zugleich, daß der Vertikaldruck keinen Einfluß haben könne; denn sonst müßte die Wirkung mit der eingeschränkten Fläche, in welcher er wirken könne, im Verhältniß stehen.

Die Kenntniß von der unmittelbaren Ursache dieser besondern Erscheinung leite uns zur Auflösung vieler andern Schwierigkeiten.

In einigen Versuchen habe du Tour aus einer richtig angestellten Erfahrung ein falsches Resultat gezogen; er habe vergessen, daß die Summe der Berührungspunkte sich nicht bloß wie die Menge der Materie verhalte, welche von dem Umfange der Scheibe eingeschlossen werde, sondern wie das Produkt aus der Menge mit den Stücken ihrer Oberfläche, welche mit den kleinsten Theilchen der Flüssigkeit in Berührung kommen können. Wie konnte, frägt Morveau, ein Naturforscher, der selbst so oft das Anhängungsvermögen mit der chemischen Verwandtschaft vergleicht, nicht einsehen, daß eben diese Wahlverwandtschaft das Verhältniß des specifischen Gewichts aufhebe? Das Wasser scheine freylich auf Glas nicht stärker zu wirken wie auf Quecksilber; und doch wer-

de Glas stärker von ihm angezogen, weil es von ihm benetzt werde, aber nicht von dem Quecksilber.

Ferner sage Herr du Tour: Wenn die Anziehung Ursache der Eintauchung sey, so müßte sie, bey gleicher Dicke der Röhren, beträchtlicher seyn, sobald diese in keinem so hohen Grade Haarröhrchen sind, und dickere Wände besitzen. Hier habe nun du Tour völlig übersehen, daß es in diesem Falle nicht auf die in der Entfernung wirkende Anziehung ankomme, welche die Mittelpunkte der Schwere gegen einander äußerten, sondern auf die Wahlanziehung der Berührung, welche von einem viel höhern Grade sey. Was also die Masse des Glases einer Röhre von dikkern Wänden an Anziehung der erstern Art gewinne, das und noch viel mehr verliere sie an Wahlanziehung durch die Abnahme der innern Berührung, welche sich wie ihre Dicke verhalte.

Gegen den Einfluß des Drucks der Luftsäule auf die Adhäsion könnte sogar die Eintauchung der Cylinder aus festen Körpern zum Beweise dienen. Da nämlich diese, ohne an sich selbst durch Schwere zu wirken, eine Flüssigkeit aus der Stelle treiben, deren ganze Masse dem Drucke der Luft ausgesetzt sey, so müsse die Wirkung von einer dieser ganz entgegengesetzten Kraft abhängen.

Dem Seitendruck der Luft, welchen Herr du Tour noch als Nebenursache außer dem vertikalen Drucke des Luftkreises annehme, widersprächen schon die Gesetze der Hydrostatik, vermöge welchen dieß Gewicht der flüssigen Körper, nach Verhältniß der Säule, welche sie drücke, bestimmt werde. Da nun im gegenwärtigen Falle die Säulen gleich groß gewesen wären, so sey kein Grund vorhanden, warum der Druck der

einen

einen größer als der der andern seyn sollte, und alles müsse im Gleichgewichte bleiben, bis eine fremde Kraft hinzukomme.

In dem Versuche n. 5. müsse die Glasscheibe nicht nur das Wasser berühren, sondern auch die Oeffnung des Cylinders, in welchem das Wasser enthalten sey; dieses sey die wesentliche Bedingung, ohne welche unmöglich alle Mitwirkung der Luft völlig aufhören könne. Nun möchten aber die Wände des Gefäßes noch so dünn seyn, so finde immer Anhängung zwischen zwey Gläsern statt; eine Anhängung, die, wie man wisse, sehr stark sey, sobald beyde Gläser geschliffen, und überdieß noch benetzt wären.

Die lezte und schwierigste Frage, welche noch zu untersuchen sey, betreffe den Zusammenhang der Theile der Flüssigkeit, und den Antheil, welchen diese Kraft an der Wirkung haben könne, wenn der feste Körper einige Theile der Flüssigkeit losreisse. Herr Achard habe schon vermuthet, das Zusammenhängungsvermögen könne einen merklichen Einfluß auf den Widerstand haben, welcher sich der Trennung der Theile entgegensetze; er habe also seine Berechnungen dieser Voraussetzung gemäß eingerichtet; sey aber endlich auf das Resultat geführt, daß die mit den Berührungspunkten im Verhältniß stehende Anhängung als einzige Ursache des Widerstandes zu betrachten sey. Von der andern Seite behaupteten die Herren du Tour und Besile, daß die Trennung in den Theilen der Flüssigkeit selbst vorgehe, sobald der feste Körper benetzt werde; daß man alsdann nur den Zusammenhang dieser Theile unter einander messe. Nach Morveau's Meynung sind diese Behauptungen von beyden Seiten zu allgemein genommen, und daher gewagt.

wagt. Herr Morveau sucht sie daher auf diejenigen Fälle einzuschränken, in welchen sie wahr sind, um den Beobachtungen dieser Art dadurch ein weiteres Feld zu öffnen, und zugleich ihre Folgen zu sichern.

Der Zusammenhang der Theile einer flüssigen Materie unter einander sey entweder weit stärker, als ihre Anhängung an einen gegebenen festen Körper, oder weit schwächer, oder beynahe gleich. In dem ersten Falle erhalte, wie man leicht einsehe, der Widerstand keine Zunahme der Cohäsion. Dieses sey das Verhältniß zwischen Quecksilber und Glas, Marmor, überhaupt Metalle, die es nicht benetze; das Quecksilber sey gegen die Metalle nur flüssig, in so fern es das Vermögen besitze, sich an die Oberfläche anzuhängen; es trenne sich von ihnen wie ein fester Körper, ohne von seiner Substanz etwas zurückzulassen.

In dem zweyten Falle, wo die Cohärenz ungleich schwächer sey, könne man die Kraft der Adhärenz nicht einmal durch Annäherung berechnen. Wenn die erstere 50 Gran, und die zweyte 100 Gran betrage, so begreife man, daß die Trennung erfolgen werde, sobald das Becken der Gegengewichte mit 50 Gran belegt werde, und also weit eher, als man sich der Gewichtssumme genähert habe, welche in der That die Kraft des Anhängens ausmachen würde. Hiezu komme noch, daß der Theil der flüssigen Materie, womit der feste Körper benetzt werde, um so viel kleiner werde, je schwächer der Zusammenhang der Theile der flüssigen Materie sey, oder wenigstens nach dem zusammengesetzten Verhältnisse dieses Zusammenhangs und der Dichtigkeit größer oder kleiner werde. Denn man lasse, wie Herr du Tour bemerke, einen Tropfen Wasser auf eine schiefliegende Spiegelglas=

glasfläche rollen, so fließe der Tropfen schnell bis an das Ende; aber hier bleibe ein Theil durch die Berührung hangen, und der übrige Theil werde durch die Cohärenz zurückgehalten.

Diese Erklärungsart berichtige zugleich einige Erscheinungen, die sich in den Achard'schen Tabellen angegeben finden, und welche sich von den bekannten Verwandtschaften zu entfernen, oder vielmehr zu beweisen schienen, daß die Gesetze der Adhäsion und der Verwandtschaft nicht von einer und derselben Ursache abhiengen. Man wisse z. B., daß Siegellack in Weingeist auflöslich sey, vom Wasser hingegen nicht angenommen werde, und doch betrage das Anhängungsvermögen zwischen Wasser und Siegellack 92 Gran, und zwischen Weingeist und Siegellack nur $53\frac{3}{4}$ Gran. Berechne man die gegenseitigen Dichtigkeiten, so hätte die Anhängung bis auf 77,46 Grad steigen müssen, wenn man die Verwandtschaften auch nur für sich gleich stark annehme. Hier habe sich ohne Zweifel die geistige Flüssigkeit mit einer solchen Leichtigkeit von dem Theil losgemacht, mit welchem sie in Berührung gestanden, daß man die wahre Stärke der Anhängung gar nicht genau angeben könne.

Man würde sich also selbst irre führen, wenn man annähme, daß das Anhängungsvermögen aller Flüssigkeiten nach der gewöhnlichen Methode bestimmt werden könne, und man könne nur mit vieler Behutsamkeit und unter großen Einschränkungen Beobachtungen gelten lassen, welche Flüssigkeiten von einer so großen Flüchtigkeit und Ausdehnbarkeit betreffen, daß man aus dem Daseyn eines sehr feinen Grundstoffs auf eine Beschaffenheit der kleinsten Theile, welche nur wenig Berührungspunkte zulasse, mit Recht schlie-

schließen könne. Man müsse wenigstens den innern Zusammenhang der Theile genau kennen, ehe man im Stande sey, den Erklärungsgrund jeder Erscheinung mit Gewißheit anzugeben.

Ganz anders hingegen verhalte es sich im dritten Falle, wo der, obgleich immer noch schwächere Zusammenhang der Theile, sich doch einiger Maaßen dem Anhängungsvermögen nähere. Der feste Körper bleibe freylich benetzt, und ein Theil der Flüssigkeit werde von der Masse getrennt; aber hieraus fließe die Folgerung noch nicht, daß die zur Trennung angewandte Kraft nicht größer sey, als zur Ueberwindung des Zusammenhangs erfordert werde. Setzte man diese Folgerung als richtig voraus, so müßte die nämliche Flüssigkeit allen festen Körpern, welche sie benetze, gleich stark widerstehen. Und doch seyen die Unterschiede, welche sich bey diesen Versuchen fänden, so groß und so beständig, daß man sie unmöglich für Abweichungen halten könne, welche durch schlechte Instrumente, oder Mangel an Genauigkeit veranlaßt würden. Es sey also ausgemacht, daß sich in diesen Versuchen eine der Cohäsion völlig unähnliche Kraft zeige, welche sich durch Vergleichung bestimmen lasse, und diese Kraft liege nicht in der Schwere der Flüssigkeit, welche die Scheibe mit sich fortreisse; denn die Menge dieser Flüssigkeit bleibe sich fast in allen Versuchen gleich. Selbst bey den Metallen, welche sich mit dem Quecksilber amalgamiren, finde sich kein Verhältniß zwischen der unbedeutenden Gewichtszunahme und dem großen Widerstande, welcher sich der Trennung entgegensetze.

Man werde die Frage aufwerfen: wie sich die Flüssigkeit trennen, und ihre Anhängung am festen Körper

per aufgehoben werden könne? Es sey allerdings schwer, diese Frage streng zu beantworten; aber außerdem, daß eine Reihe von Beobachtungen die Möglichkeit dieser Erfahrung darthue, so lasse sie sich noch auf verschiedene andere Weisen begreiflich machen.

Man bringe zwey gewöhnlich geschliffene Spiegelglasflächen über einander, so werden sie ein ziemlich schwaches Anhängungsvermögen äußern; man befeuchte sie, und suche sie hernach in einer auf ihrer Ebene völlig senkrechten Linie von einander zu entfernen; so wird man nicht nur einen beträchtlichen Widerstand wahrnehmen, sondern der Widerstand wird so groß seyn, daß er den Zusammenhang des Wassers, man berechne ihn wie man will, weit übertrifft. Diese Erscheinung findet statt, wenn die Lage des dazwischen liegenden Wassers so dünne als möglich ist.

Morveau nahm zwey rund geschnittene Glasscheiben von 36 Linien im Durchmesser und legte sie genau über einander; die Adhäsion war nur 13 Gran stark. Er brachte nun einen einzigen Tropfen über die erste Scheibe, und dehnte ihn dermaaßen aus, daß er die ganze Oberfläche bedeckte. Hierauf legte er die zweyte Scheibe darüber, und nun mußte er sich, statt einer Goldwage, einer starken Wage bedienen, um die Adhäsion zu messen. Die Glasplatte, welche 10 Unzen wog, wurde weggenommen; er belastete die Ränder, und setzte immerfort Gegengewichte zu. Nun erfolgte die Trennung erst nach 41 Unzen $7\frac{1}{8}$ Drachmen Gegengewicht.

Ein andermal brachte er, anstatt eines einzigen Wassertropfens eine so große Menge Wasser zwischen beyden Glasscheiben, daß sich eine Schicht von $\frac{1}{10}$ Linie in der Dicke bilden konnte, so daß sich die Schei-

Scheiben sehr leicht auf einander fügten. Hier waren 8 Unzen 1 Drachme 39 Gran hinlänglich, um den Widerstand zu überwinden.

Wollte man nun berechnen, wie groß der Widerstand einer Scheibe von 36 Linien im Durchmesser seyn würde, wenn man sie mit einer gegebenen Masse Wasser in Berührung brächte, und man wüßte, daß eine Scheibe von 18 Linien im Durchmesser 91 Gran zum Gegengewicht erforderte, so würde man das Gegengewicht = 364 Gran finden; denn 324 : 1296 = 91 : 364. Daraus folge, daß der Widerstand im ersten Versuche 66mal, und im zweyten beynahe 13mal größer sey. Man könne unmöglich vermuthen, daß die Kraft, welche die kleinsten Theile des Wassers unter sich verbunden halte, so großen Abweichungen unterworfen seyn könne, und doch gehe die Trennung in der Lage des Wassers selbst vor; dieses zeige sich besonders in dem zweyten Versuche. Es sey also erwiesen, daß die Wirkung, welche man für die Kraft des Zusammenhangs halte, verschieden seyn müsse, je nachdem die Berührungskraft der Flüssigkeit, welche durch die festen Körper, die sie berühre, gebrochen werde, stärker oder schwächer sey.

Mache man sich die Vorstellung, als ob der flüssige Cylinder über der Fläche der Masse hienge, wie ein Bündel, das aus verschiedenen Fäden kleiner, senkrechter unter einander gerührten Kügelchen bestände, so könne man sich einen Begriff davon machen, wie sehr die Kraft des Zusammenhangs nach der Anhängungskraft am festen Körper abzuweichen scheinen würde; denn gesetzt, die Anzahl der Fäden wäre = 100, gesetzt, die feste Scheibe A von dem nämlichen Durchmesser könnte nur die Berührung von 50 dieser

dieser Kügelchen aufnehmen, die feste Scheibe B hingegen nehme 80 an; so werde offenbar die Trennung, welche immer in der Flüssigkeit vor sich gehe, bey der Scheibe A schneller erfolgen, oder eine geringere Kraft erfordern, als bey der Scheibe B; denn, wenn man gleiche Gewichte anwende, um diese Scheibe loszumachen, oder, welches gleich viel sey, wenn der überhangende Wassercylinder gleich hoch sey, so werde sich der Druck, welchen die benachbarten Küchelchen von den an den festen Körper stoßenden erleiden, umgekehrt verhalten, wie die Anzahl der Kügelchen, die mit dem festen Körper in unmittelbarer Berührung stehen, und also werde die Kraft, welche im ersten Falle bemüht sey, die ganze Masse des Cylinders von diesen Kügelchen zu trennen, und die geradezu gegen die Kraft des Zusammenhangs wirke, sich zu der nämlichen Kraft im zweyten Falle verhalten = 50 : 20. Nun lasse es sich auch leicht erklären, warum die Scheibe nach geschehener Trennung allenthalben gleichförmig benezt erscheint; es sey dieß eine zweyte Wirkung der Anziehung, welche sich mit der Erscheinung vergleichen lasse, die man bey jeder zähen Materie beobachten könne; wenn man nämlich eine solche Materie von dem größten Theil der Masse, mit welcher sie verbunden war, los mache, so steige sie von selbst wieder in die Höhe, und setze sich in ein Gleichgewicht zwischen dem Zusammenhang ihrer eigenen Theile und der Adhäsion an dem Körper, welchen sie berühre.

Hieraus zieht nun Morveau den Schluß, daß die Taylor'sche Methode richtig sey; daß sie wirklich die Adhäsionskraft messe, und zwar unabhängig von allem Drucke der Luft; daß man durch sie die Kraft genau

genau und rein für sich bestimmen könne, so oft der feste Körper nicht benetzt bleibe; daß die Resultate des Versuchs, selbst in den Fällen, wo die Anhängung des flüssigen Körpers am festen stärker sey, als der Zusammenhang der Theile der Flüssigkeit unter einander, noch immer als Verhältnisse betrachtet werden könnten, welche die Anhängungskraft ziemlich genau angäben; daß man diese Verhältnisse selbst bey Flüssigkeiten, welche die festen Körper auflöseten, entweder durch gegenseitige Anlegung der Oberflächen, oder nach der du Tour'schen Methode bestimmen könne; daß die Abweichung dieser Kraft nur von der Menge der Berührungspunkte, und von der Beschaffenheit der kleinsten Theilchen abhienge; daß endlich alle diese Wirkungen viel Aehnlichkeit mit den Verwandtschaften besäßen, daß sie vermuthlich mit diesen letztern von der nämlichen Ursache abhiengen, und daß ihre genaue Beobachtung und Vergleichung uns auf die nähere Bestimmung der Verwandtschaftsverhältnisse führen müsse.

Herr Morveau hat zwar den Gegenstand über das Anhängen der flüssigen Materien an feste Körper mit vieler Würde behandelt; allein einige seiner angenommenen Sätze sind bey weitem noch nicht erwiesen; der eine, daß nämlich die verschiedenen Grade der Adhäsion von der Beschaffenheit der kleinsten Theilchen der Materie abhangen, gründet sich auf die atomistische Physik, und wird daher postulirt, bleibt also unerwiesen; auch der Satz, daß vielleicht die Adhäsion mit den so genannten Verwandtschaften auf einerley Grunde beruhen, und die Adhäsionsverhältnisse die Verwandtschaftsverhältnisse ausdrucken möchten, scheint selbst in der Erfahrung noch vielen Zwei-

feln

seln ausgesetzt zu seyn, obgleich viele Beobachtungen zu dem Schlusse zu berechtigen scheinen, daß die Adhäsion eines festen Körpers mit einer flüssigen Materie nicht anders statt finden könne, als wenn der eine Bestandtheil des festen Körpers eine Verwandtschaft mit der flüssigen Materie besitzt. Wenn aber die flüssige Materie mit dem festen Körper chemisch verwandt ist, so wird auch gewiß im Augenblicke der Berührung schon eine gegenseitige Einwirkung erfolgen und an der Berührungsfläche eine neue Verbindung entstehen müssen, so daß man, nach der gewöhnlichen Methode, das Anhängungsverhältniß, so geschwind man auch operiren mag, nicht zu bestimmen vermögend ist.

Herr Prof. Huth [f]) hat auch Versuche über das Anhängen des Wassers an verschiedene Holzarten angestellt. Er bediente sich hierzu Würfel von 1 rheinländischen Cubikzoll, ließ dieselben vorher 24 Stunden lang unter Wasser eingetaucht, damit während des Versuchs kein Wasser mehr vom Holze eingesogen werde. Hierauf wurden die so durchnäßten Würfel in der Luft so weit abgetrocknet, daß kein anhangendes Wasser auf der Oberfläche sichtbar war. Das Wasser selbst, dessen er sich beym Versuche bediente, hatte eine Temperatur von 14 Grad nach Reaumür mit Quecksilber. Seine Resultate waren diese:

Holzarten.	Stärke des Anhängens an eine Quadratzollfläche.	
	Gesägte Fläche.	Gehobelte Fläche.
Kienenholz -	56 Gran -	51 Gran
Eichenholz -	52 - -	52 -
Elsenholz -	53 - -	53 -

Weiß-

f) Gren's neues Journal der Physik. B. III. S. 299. f.

Holzarten.	Stärke des Anhängens an eine Quadratzollfläche. Gesägte Fläche.		Gehobelte Fläche.
Weißbuchenholz	56 Gran	-	54 Gran
Pflaumenholz -	55 -	-	55 -
Birnbaumholz -	50 -	-	50 -
Nußbaumholz -	53 -	-	53 -
Maulbeerholz -	54 -	-	53 -
Fliederholz -	53 -	-	52 -
Türkisch Fliederholz	51 -	-	53 -

Berechnet man aus dieser Tabelle, wie stark ein rheinländischer Quadratfuß Seitenfläche dieser Holzarten mit dem Wasser zusammenhange, so ergiebt sich, daß man die Stärke, womit das Wasser sich an die verschiedenen Holzarten bey einer rheinländ. Quadratfußfläche hängt, ohne die größte Schärfe anzunehmen, auf 1 Pfund schätzen kann, wenn der Satz als ausgemacht angenommen werden kann, daß sich die Adhäsion wie die Berührungsfläche verhält.

Was die Phänomene der Haarröhrchen betrifft, so hat man seit Weitbrecht's schätzbaren Erfahrungen fast allgemein angenommen, daß die Länge der Haarröhrchen keinen Einfluß auf das Aufsteigen der Flüssigkeiten in denselben habe. Vor einigen Jahren hat aber der Herr von Arnim [g]) Versuche hierüber mit aller nur möglichen Sorgfalt angestellt; er verkürzte nicht die Röhre durch tieferes Eintauchen in die Flüssigkeit, sondern durch Abbrechen. Ihre Länge und den Stand der Flüssigkeit trug er mittelst eines Zirkels auf eine Skale. Die Resultate seiner Versuche sind diese:

Länge

g) Gilbert's Annalen der Physik. B. IV. S. 376.

Länge der Glasröhren. Zoll.	Linien.	Höhe des Wassers darin. Zoll.	Linien.
5	7	1	10,1
4	11	1	9,9
4	1	1	9,7
3	7	1	9,5
2	5	1	9,3
1	9	1	7,3

Länge der Glasröhren in Linien	Höhe des Wassers darin in Linien
28	21,9
25	20,9
21,5	16,9
19	15,5
18,9	14,6
15	10,4
10,4	9

Diese Versuche entschieden dem Herrn von Arnim für die Meynung, daß die Länge der Haarröhrchen auf den Stand der Flüssigkeit einen merklichen Einfluß habe.

Endlich untersuchte auch der Herr Professor Hällström [h]) zu Åbo die noch strittige Frage, ob das Wasser in längern Haarröhrchen höher als in kürzern hinauftrete? Herr Hällström meint, der ganze Streit scheine von der Art, wie die Versuche angestellt sind, herzurühren, und könne vielleicht auf folgende Art gehoben werden.

Mußchenbroek sey bey seinen Versuchen bemüht gewesen, die Haarröhrchen, nachdem das Wasser

h) Dissertat. physica examinans: an aqua in tubis capillaribus altius, quam in brevioribus ascendat. Aboe 1802.

ser in ihnen aufgestiegen war, wieder leer zu machen. Daher brachte er sie an den Mund und sog das Wasser aus, schnitt darauf das obere Ende ab, und tauchte das untere wieder ein. Der Herr von Arnim versichere zwar, alle Sorgfalt bey seinen Versuchen angewendet zu haben, sage aber nicht, wie die Röhre vor jedem Versuche ausgeleert worden sey, und da seine Versuche mit den Musschenbroek'schen übereinstimmten, so habe er sich wahrscheinlich auch der Methode des Aussaugens bedient. Dieß Saugen nun sey der Grund gewesen, daß das Wasser in längern Röhren höher, als in kürzern stieg; denn es sey unvermeidlich, daß beym Saugen Luft aus dem Munde in die Röhre trete; diese Luft sey mit Dämpfen gemischt, und wärmer als die Röhre selbst; die Dämpfe würden verdichtet, und hiengen tropfbar an den Wänden der Röhre. Da nun diese Flüssigkeit oft mit öligen fettigen Theilen gemischt sey, so dürfe es uns nicht wundern, wenn das Wasser nach dem Saugen nicht mehr zu derselben Höhe aufsteige. Zwar könnte man sich hiergegen auf Musschenbroek's ersten Versuch berufen, wo das Wasser in derselben Röhre vor und nach dem Saugen zu gleicher Höhe stieg; allein dieß könne wohl zuweilen eintreffen, wenn die Röhre gleiche Wärme mit den Dämpfen besitze, doch werde das Gegentheil häufiger seyn.

Es wurde eine reine trockene Röhre von weißem Glase, an beyden Seiten offen, deren innerer Durchmesser 0,2 schwed. Linien hatte, mit dem einen Ende in reines Wasser von + 18 Cels. Thermometer senkrecht getaucht, so daß sie nur die Wasserfläche berührte. Als nun das Wasser in ihr bis zu der größten

Höhe

Höhe gestiegen war, zog er das Haarröhrchen heraus, wobey das Wasser in selbigem stehen blieb. Darauf wurde der obere Theil mit einer Feile abgeschnitten, die Röhre aufs neue eben so wie vorhin eingetaucht, und dann wiederum die größte Höhe gemessen, bis auf welche die Flüssigkeit in ihr stieg. Dieß gab die folgenden Resultate:

Länge des Haarröhrchens in schwed. Linien	71;	60;	50;	40;	30;	20
Höhe d. Wassers in schw. Linien	11,5;	12;	11,7;	11,7;	11,7;	11,8

Mit Enden desselben Haarröhrchens wurden ähnliche Versuche, nur mit dem Unterschiede angestellt, daß das Wasser jedesmal, wenn man von dem obern Theile etwas abschnitt, durch heftiges Klopfen herausgebracht wurde. Diese Versuche gaben folgendes:

Länge der Röhre	80;	70;	60;	50;	40;	30;	20;	12‴
Höhe d. Wassers	11,6;	11,6;	11,7;	11,7;	11,5;	11,6;	11,7;	11,7‴

Ein anderes Ende dieser Röhre, das, so oft man es abschnitt, ausgesogen wurde, gab diese Resultate:

Länge der Röhre	60;	50;	40;	30;	20;	10‴
Höhe des Wassers	11,7;	9;	8;	7,6;	6,2;	6;‴

Aus diesen Versuchen erhellte es, daß die Höhe des Wassers nicht wegen der Verkürzung der Röhre abnehme. Die kleinen Abweichungen seyen wohl dem beyzumessen, daß man es nicht vermeiden könne, die Röhre etwas mehr oder weniger als $\frac{1}{2}$ Linie einzutauchen.

Hamberger's Erklärung des Phänomens (Th. IV. S. 68.), daß das Quecksilber im Haarröhrchen niedriger, als im Gefäße stehe, in welchem es eingetaucht ist, befriedigte Herrn Gren [i]) nicht; er ver-

i) Grundriß der Naturlehre. Halle 1797. 8. §. 167. 2.

versuchte daher, eine andere zu geben: Man könnte sich nämlich vorstellen, daß das Quecksilber rund um das Haarröhrchen herum aus lauter Säulen bestehe, die die Grundfläche des Haarröhrchens haben, und die also bey gleicher Höhe mit einander im Gleichgewicht sind. Nun sey aber zur Trennung der Quecksilbertheilchen, die in das Haarröhrchen aufsteigen sollten, ein Druck nöthig, welcher durch die über k l (fig. 7.) liegende Schicht bewirkt werde, welche er die Druckschicht nennt, und die man sich von gleicher Grundfläche mit der im Haarröhrchen befindlichen denken könne und nach hydrostatischen Gesetzen annehmen müsse. Je kleiner nun der Durchmesser des Haarröhrchens sey, desto kleiner werde die Grundfläche der darein getretenen Quecksilbersäule seyn; folglich desto höher wieder die äußere benachbarte Druckschicht von gleicher Grundfläche seyn müssen, um durch einen gleichen Druck das Quecksilber in dem Zusammenhange zu zertheilen, der das Eindringen desselben in das Haarröhrchen hindere. Sey der Durchmesser des Haarröhrchens noch einmal so klein, so sey die Grundfläche viermal kleiner, folglich müßte die Höhe einer auswendigen Druckschicht lf, fg, von gleicher Grundfläche, viermal höher seyn, um ein gleiches Gewicht zu haben. Aber bey dem halb so großen Durchmesser werde die Peripherie nur halb so groß, folglich auch die Menge der zu trennenden Quecksilbertheile halb so groß seyn; die Trennung des Zusammenhangs der letztern sey aber das Hinderniß des Aufsteigens, folglich müßte der Widerstand hier nur halb so groß seyn, und das Quecksilber müßte durch gleichen Druck noch einmal so hoch hineindringen. Es wären diesemnach die Höhen des Quecksilbers auswendig in einem zusammengesetzten Verhältnisse, nämlich

lich des umgekehrten des Quadrats der Diameter und des geraden der Diameter der Haarröhrchen, folglich verhielten sie sich umgekehrt, wie die Diameter der Haarröhrchen.

Der Herr Casbois zu Metz wurde sogar durch einen eigenen Versuch verleitet, zu behaupten, daß das Quecksilber in Haarröhrchen nur deßwegen nicht über das Niveau des Quecksilbers im Gefäße aufsteige, weil gewöhnlich das Quecksilber von aller wässerigen Feuchtigkeit nicht frey sey. Herr Haüy glaubte daher, daß auch das Quecksilber in Haarröhrchen aufsteigen werde, wenn man es ganz frey von Feuchtigkeit mache. Um nun diese sonderbare Behauptung, welche der bisherigen Beobachtung ganz entgegen war, zu prüfen, ließ Milton reines Quecksilber in einem Kolben eine Viertelstunde lang kochen, erhitzte zugleich ein Haarröhrchen bis zum Glühen, und brachte das nunmehr gewiß wasserfreye Haarröhrchen in das trockene Quecksilber. Es blieb aber in dem Haarröhrchen eben so tief unter dem Niveau der Quecksilberfläche, als zuvor. Casbois mußte sich also geirrt haben.

Auf den Zusammenhang der Theile eines Körpers unter einander gründen sich, wie bereits in den ersten Theilen dieser Schrift (Bd. I. S. 285. Bd. II. S. 288. Bd. IV. S. 31 f.) angegeben ist, besondere Eintheilungen der Körperarten, nämlich die Eintheilung in feste und flüssige Körper. Bisher hatte man allgemein geglaubt, daß sich flüssige Körper von festen, oder besser, starren Körpern, bloß wegen des geringen Zusammenhangs ihrer Theile unterschieden. Allein Kant hat ganz richtig bemerkt, daß der Hauptcharakter einer flüssigen Materie nicht darin besteht, daß ihre Theile mit einer sehr geringen Kraft

zusammenhangen, sondern vielmehr darin, daß ihre kleinsten Theilchen nicht die mindeste Reibung gegen einander äußern, mithin eben so beweglich sind, wie im leeren Raume, welches bey festen Körpern nicht der Fall ist. Die Theile der flüssigen Körper hängen stärker zusammen, als man gemeiniglich glaubt; dieß beweiset die Kugelgestalt, welche sie annehmen, wodurch eben die Theile in das vollkommenste Gleichgewicht, und hiemit in die größt mögliche Berührung unter sich selbst kommen. Eben wegen des sehr starken Zusammenhangs der kleinsten Theile einer flüssigen Materie läßt es sich begreifen, warum ebene Platten, zwischen welchen nur eine geringe Wassermenge gebracht ist, so mächtig zusammenhangen, da bey einer dicken Wasserschicht der Zusammenhang ungleich geringer ist, wie Herr Morveau selbst durch Versuche gefunden hat.

Auch ist man bisher der Meynung gewesen, daß die Möglichkeit der festen Körper ganz allein auf dem Zusammenhange ihrer Theile beruhe. Allein Kant erinnert dagegen wiederum ganz richtig, daß es unerklärbar bleibe, wie bey festen Körpern die Theile beym Verschieben so mächtig widerstehen. Die Möglichkeit der festen Körper erfordere also außer dem Zusammenhange ihrer Theile noch einen andern Erklärungsgrund.

Als Grundursache der Cohäsion nimmt Herr Hube [k]) das elektrische Anziehen an; er sagt nämlich: das elektrische Anziehen scheint das allgemeine Anziehen zwischen den Theilchen aller Körper zu seyn, weil es sich weder nach der Masse der Körper, noch

k) Vollständ. und faßlicher Unterricht in der Naturlehre. B. II. Brief 13.

noch nach der Dichtigkeit der Theilchen richte. Nach den Versuchen des Herrn Cavallo sollen alle Körper, obgleich nur unmerklich, beständig elektrisch seyn, und es wäre beynahe unglaublich, wie sehr langsam eine sehr schwache Elektricität sich noch mehr verringere, wenn gleich der Körper, der sie besitze, nicht isolirt, sondern allenthalben mit Leitern umgeben wäre. Zwar stießen sich die positiven und negativen elektrischen Materien zurück; allein das Zurückstoßen sey allemal schwächer, als das Anziehen, und so würden auch die Theilchen der Körper bald schwächer bald stärker gegen einander angezogen, nach Beschaffenheit der Vermischung beyder elektrischen Materien in den Körpern. — Allein es bleibt auch hier noch immer unerklärbar, welche Ursache den Zusammenhang der ersten Grundkörperchen (nach atomistischer Vorstellung) bewirke; und da wir überdem von der Ursache der Elektricität gar nichts wissen, so ist auch diese Erklärung außer aller Wahrscheinlichkeit.

Nach der dynamischen Lehre ist die Materie nur durch zurückstoßende und anziehende Kräfte möglich. Diese sind also in Ansehung unserer Erkenntniß absolut nothwendig, und beweisen die Möglichkeit einer begrenzten Sphäre. Allein in der Wirklichkeit ist diese Grenze bestimmt, und daß sie so und auf keine andere Art bestimmt ist, beruht nicht auf Nothwendigkeit, sondern ist ganz zufällig, weil die bestimmte Grenze einer Materie gar nicht mehr zur Möglichkeit einer Materie überhaupt erforderlich ist. Indessen ist doch diese Bestimmung des Objekts und das Objekt selbst mit dem Begriffe der Materie unzertrennlich verbunden. Damit wir also das Nothwendige von dem Zufälligen unterscheiden können, so muß

jenes mit diesem innig verbunden seyn. Hieraus folgt, daß die bestimmte Grenze, die Größe des Objekts, bloß aus der Erfahrung erkannt werden kann. Nothwendig muß aber eine Ursache vorhanden seyn, welche die Materie auf eine gewisse Grenze beschränkt, und diese nennt man die Cohäsionskraft, und ihre Wirkung, oder das allgemein anerkannte Phänomen, die Cohäsion oder den Zusammenhang. Da aber die Cohäsionskraft verschiedene Grade haben kann, so entsteht hieraus eine specifische Verschiedenheit der Materie. Weil folglich die Cohäsion der Theile der begrenzten Materie, und der Grad der Kraft, womit ihre Theile unter einander verbunden sind, ganz als zufällig erscheint, so ist es wohl ein eitles Unternehmen, die Cohäsion oder die specifische Verschiedenheit der Materie a priori abzuleiten. Daher kann die Cohäsionskraft nie als Grundkraft betrachtet werden.

Ueberhaupt läßt sich wohl die Cohäsion in eine ursprüngliche und in eine abgeleitete Cohäsion eintheilen. Jene entsteht aus den verschiedenen Graden des Zusammentreffens der zurückstoßenden und anziehenden Kräfte, und hieraus können schon verschiedene Grade des Zusammenhangs der Körpertheile unter einander entstehen. Hierbey findet nun das allgemeine Gesetz der Gravitation statt, vermöge dessen alle Körper im Verhältnisse ihrer Massen auf alle Körper anziehende Kraft ausüben. Allein bey solchen geringen Quantitäten von Materien auf unserer Erde ist die gegenseitige Einwirkung der Anziehung derselben durch die unendlich größere Anziehung der Erde aufgehoben und für uns unmerklich. Hieraus folgt also unläugbar, daß der Zusammenhang der Theile, welche solche Körper unter

ein=

einander zeigen, nicht von der ursprünglichen Anziehung der Materie abgeleitet werden könne. Aller Zusammenhang der Theile solcher Materien muß also nicht ursprünglich, sondern abgeleitet seyn. Dieß beweisen auch die Phänomene der Adhäsion, der freywilligen Bildung der Tropfen flüssiger Materien u. s. f. eine Wirkung, die der Schwere offenbar entgegen ist. Die abgeleitete Cohäsion gehört folglich nicht zur Möglichkeit der Materie überhaupt. Diese abgeleitete Cohäsion kann man füglich eintheilen in mechanische, chemische, und auch wohl organische. Die mechanische Cohäsion ist eigentlich die so genannte Adhäsion. Bey dieser ist der Zusammenhang eine bloße Folge der Figur der Körpertheilchen, und beruht ganz allein auf der wechselseitigen Reibung. Es giebt aber wohl wenig mechanische Cohäsionen, gewöhnlich wirkt noch zum Theil chemische Cohäsion mit. Der Ausdruck chemisch wird aber hier in der allgemeinsten Bedeutung genommen, nämlich als ein Erfolg, welcher mit dem Uebergange eines Körpers aus einem Zustand in den andern verbunden ist. So wirkt z. B. bey dem gewöhnlichen Mauermörtel Wasser mit, welcher sich nach einer Reihe von Jahren in einen felsenharten Körper verwandelt. Die chemische Cohäsion, von welcher nachher weiter geredet werden soll, findet allenthalben statt, wo aus zwey verschiedenen Materien eine dritte, als ein gemeinschaftliches Produkt, entsteht. Organische Cohäsion endlich findet bey den Theilen organischer Körper statt, und gründet sich auf die Form dieser Körper.

Herr Gren [1]), welcher noch kurz vor seinem Tode der dynamischen Physik Beyfall gab, behaupter,

1) Grundriß der Naturlehre. §. 123.

tet, daß eine wesentliche Grundkraft, die anziehende Kraft, den Zusammenhang der Materien verursache, und daß anziehende und Cohäsionskraft identisch sey. Er nimmt daher noch eine dritte wesentliche Kraft der Materie, nämlich die Schwerkraft, an. Allein dieß ist offenbar irrig, weil sich sonst der Zusammenhang der Körpertheile unter einander wie die specifischen Gewichte verhalten müßte. Ueberhaupt ist diese Behauptung nicht allein dem, was bisher gesagt worden, sondern auch aller Erfahrung entgegen.

Was die Elasticität betrifft, so hat Kant zuerst mit allem Rechte auf den Unterschied der attraktiven und expansibeln Elasticität aufmerksam gemacht; jene nämlich, um nach der Ausdehnung ihrer Theile den vorigen kleinern Raum, diese aber, um nach der Zusammendrückung den vorigen größern Umfang wieder einzunehmen. Er hat bewiesen, wie bereits oben (S. 42.) angeführt ist, daß alle Materie ursprünglich elastisch ist, denn eben die zurückstoßende Kraft ist die Elasticität. Die Elasticität kann aber sowohl ursprünglich als auch abgeleitet seyn, und es ist in jedem vorkommenden Falle schwer zu bestimmen, von welcher Art sie ist. Die attraktive Elasticität ist jederzeit abgeleitet; denn sie beruht auf der Cohäsion der Körpertheile unter einander.

Gren [m]) behauptet, daß attraktive Elasticität nur bey festen, expansive hingegen nur bey flüssigen Körpern statt finde. Er will daher lieber das Wort Federkraft oder Springkraft (besser Contractilität) ganz allein bey den festen Körpern, hingegen Elasticität bloß bey flüssigen Materien gelten lassen. Allein die Er-

m) Grundriß der Naturlehre. §. 126.

Erfahrung lehrt, daß die flüssigen Materien nicht allein expansive, sondern auch attraktive Elasticität haben können. Denn die Wassertheile eilen, ihr voriges kleinere Volumen einzunehmen, wenn ihnen der Wärmegrad, welcher sie ausgedehnt hatte, benommen wird. Man kann hier nicht einwenden, daß keine äußere Kraft die flüssigen Theile ausdehne, indem die Wärme eben so gut, wie eine äußere Kraft wirkt.

Gewöhnlich theilt man die flüssigen Materien in tropfbar=flüssige und elastisch=flüssige Materien ein. Herr Hube [n]) tadelt diese Eintheilung aus dem Grunde, weil allen flüssigen Materien Elasticität zukomme. Er nennt daher diese Eintheilung cartesianisch, und vergleicht sie mit der aristotelischen Eintheilung der Körper in natürlich schwere und natürlich leichte. Dieser Tadel des Herrn Hube ist zwar keinesweges ganz ungegründet; allein da es eben so wenig vollkommen elastische als unvollkommen elastische Materie giebt, und gleichwohl diese Eintheilung beym wissenschaftlichen Vortrage ihren großen Nutzen hat, so kann auch die Eintheilung der beyden äußersten Grade der Expansionen in tropfbare und expansible Flüssigkeiten an sich gar wohl bestehen.

Von den expansiblen Flüssigkeiten hat sich Herr de Lüc [o]) folgende Theorie entworfen. Nach ihm heißen ausdehnbare Flüssigkeiten diejenigen, die man gewöhnlich elastische oder expansible Flüssigkeiten nennt. Er sieht die Flüssigkeit jederzeit als aus diskreten Flüssigkei

n) Vollständ. und faßlicher Unterricht in der Naturlehre. B. I. Vorr. S. XIII.

o) Neue Ideen über die Meteorologie, an verschied. Stellen.

sigkeiten zusammengesetzt an, welche fähig sind, sich in jedem freyen Raume auszudehnen, wenn sie nicht einer andern Ursache, als ihrer ausdehnenden Kraft folgen.

Das ausdehnende Vermögen der ausdehnbaren Flüssigkeiten entspringt aus der Bewegung ihrer Theilchen, und die Kraft, welche diese Flüssigkeiten gegen die Körper ausüben, aus Stößen. Bisweilen aber verlieren sie durch diese Stöße entweder ihre ganze Bewegung, oder doch mehr oder weniger von ihrer Geschwindigkeit. Daher müssen die Stöße von desto größerer Wirksamkeit seyn, je größer der Raum ist, welchen die Theilchen seit ihren letzten Stößen durchlaufen haben.

Statt der wechselseitigen Zurückstoßung der Theile, welche einige Physiker, die sie gleichfalls als diskret betrachten, für die Ursache ihrer Ausdehnbarkeit halten, gebraucht de Lüc lieber die Ausdrücke: erhaltene und erneuerte Bewegung der Theilchen; erhaltene, wenn sie in ihrer Bewegung von nichts aufgehalten werden; erneuerte, wenn sie diese, es sey durch Stöße, oder indem sie in die Zusammensetzung anderer Substanzen eingehen, verloren haben.

Diesem zu Folge setzt de Lüc das Licht unter die ausdehnbaren Flüssigkeiten, weil es dieser Erklärung völlig entspricht, indem seine Theilchen diskret sind, und ihre Zerstreuung in jedem freyen Raume von ihrer Bewegung herrührt.

Den Theilchen verschiedener ausdehnbarer Flüssigkeiten eignet er auch Bewegungen von verschiedener Art zu, und versteht darunter, daß ihre fortschreitende Bewegung nach den Wegen, die von der geraden

den Linie auf verschiedene Weise abweichen, geschieht. Diese Unterschiede machen einen wesentlichen Theil von den unterscheidenden Kennzeichen der verschiedenen Flüssigkeiten aus. Herr de Lüc setzt noch hinzu, daß dieß nicht einfache hypothetische Gesetze seyen, indem es seinen Grund in den Phänomenen habe, auch finde jede von diesen verschiedenen Bewegungen ihre mechanischen Ursachen in dem Systeme des Herrn le Sage.

Unter allen ausdehnbaren Flüssigkeiten, welche wir unmittelbar durch unsere Sinne wahrnehmen können, ist das Licht vermuthlich die einzige, welche wirklich elementarisch ist. Alle andere sind zusammengesetzte, die ohne Aufhören entstehen und untergehen, und die meisten physischen Phänomene sind an diese Zusammensetzungen und Zersetzungen gebunden.

Alle andere ausdehnbare Flüssigkeiten, außer dem Licht, bestehen aus einem unmittelbar fortleitenden Fluidum (fluide déférent), und einer mehr oder weniger schweren Substanz (substence purement grave). Das erstere ist das, was expansibel macht, und vielleicht selbst wieder zusammengesetzt. So ist z. B. bey den Wasserdämpfen der Wärmestoff das fortleitende Fluidum, der Wärmestoff selbst aber aus einer eigenen Basis und dem Lichte, als fortleitendem Fluidum, zusammengesetzt.

Atmosphärische Flüssigkeiten nennt de Lüc diejenigen, bey denen die Geschwindigkeit ihres Falls zur Erde ein merkliches Verhältniß hat mit der Geschwindigkeit ihrer eigenen Bewegung. Aus dieser Ursache bleiben sie an der Erde und bilden ihre Atmosphäre. Diejenigen von diesen Flüssigkeiten, welche weder durch das Queckſilber noch durch das Glas dringen,

und daher die Barometersäule nur von außen drucken, sind die groben atmosphärischen Flüssigkeiten; sie bilden das bekannte Gewicht der Säulen der Atmosphäre und können sogar gewogen werden. Es giebt aber noch andere weit zartere Flüssigkeiten, so wie z. B. das Feuer und die elektrische Materie, deren Gewicht uns noch nicht bekannt ist, theils weil sie wegen ihrer Feinheit unsern Wagen entgehen, und theils weil sie noch durch andere in ihnen selbst liegende Ursachen verhüllt oder verborgen werden.

Unter diesen ausdehnbaren Flüssigkeiten giebt es eine gewisse Classe, bey welcher die schwere Substanz mit dem fortleitenden Fluidum nur schwach verbunden ist, mithin beyde durch bloßen Druck getrennt werden können, so wie selbst das fortleitende Fluidum durch sein bloßes Bestreben nach Gleichgewicht diese schwere Substanz verlassen kann. Bey diesen ist auch selbst die ausdehnende Kraft verhältnißmäßig desto größer, je mehr fortleitendes Fluidum mit ihnen zusammentritt. In diese Classe gehören die Dämpfe oder Dünste.

Eine Aehnlichkeit mit den Dünsten zeigen die feinen Flüssigkeiten: das Feuer und das elektrische Fluidum. Bey diesen sind ebenfalls das fortleitende Fluidum und die schwere Substanz schwach unter einander verbunden, daher sie auch durch Druck und Bestreben nach Gleichgewicht zersetzt werden. Auch wird ihre ausdehnende Kraft durch eine größere Menge fortleitenden Fluidums größer.

Noch giebt es unter den gröbern Flüssigkeiten eine Classe, bey welcher das fortleitende Fluidum mit der schweren Substanz genauer verbunden ist, und daher nicht mehr durch den bloßen Druck oder durch

Be-

Bestreben nach Gleichgewicht zersetzt werden kann, sondern sich nur durch chemische Mittel trennen läßt. Diese Flüssigkeiten heißen permanent-elastische oder luftförmige, Luftgattungen. Aller Wahrscheinlichkeit nach erhalten sie ihre Permanenz durchs Hinzukommen einer dritten Substanz, woraus es alsdann begreiflich wird, wie sich die gröbern Dünste in Luft verwandeln können.

Wenn man diese Theorie des Herrn de Lüc genauer erwägt, so sieht man leicht, daß ihre Hauptsätze auf willkührlichen Hypothesen beruhen, die durch keine Erfahrung bewiesen werden können. Es ist zwar nicht zu läugnen, daß manche unerwartete Aufschlüsse aus ihnen hergeleitet werden können; allein bey genauerer Betrachtung erhellet deutlich, daß sie den Thatsachen selbst schon angepaßt sind.

Nach Herrn Gren's Vorstellung [p]) zeigen die expansibeln oder eigentlich elastischen Flüssigkeiten ganz und gar keinen den Sinnen bemerkbaren Zusammenhang ihrer Theile, und die anziehende Kraft ihrer Theile ist durch die stärker wirkende abstoßende Kraft derselben gänzlich aufgehoben. Sie müßten vermöge dieser überwiegenden expansiven Kraft nach allen Seiten hin ohne Grenzen sich verbreiten, wenn nicht Schwerkraft eigener Theile oder überwiegende Anziehungskraft fremder Stoffe dieß verhinderte, und so ihrer Expansion Grenzen setzte. Er theilt die elastischen Flüssigkeiten ein in an sich expansible, und durch Mittheilung oder Ableitung expansible. Die erstern, wie der Wärmestoff, besitzen ihre

p) Grundriß der Naturlehre. Halle 1797. 8. §. 131. f.

ihre expansive Elasticität ursprünglich, wenigstens kennten wir bey dem Wärmestoffe keine Substanz, und unsere Sinne zeigten uns auch keine, von der wir seine überwiegende Expansivkraft ableiten könnten. Die Luftarten und Dämpfe hingegen besäßen eine abgeleitete Elasticität, und verdankten dieselbe dem Wärmestoffe. Er unterscheidet ferner rein expansible und schwere expansible Flüssigkeiten. Bey den ersten, wie bey dem Wärmestoffe und Licht, folgen die Theile in ihrer Bewegung außer der Expansivkraft, sie sey ursprünglich oder abgeleitet, keiner andern Grundkraft, und sie verbreiten sich von dem Orte aus, wo die abstoßende Kraft ihrer Materie thätig zu werden anfängt, nach allen Richtungen hin mit gleicher Leichtigkeit, und nur die ihrer Expansivkraft entgegen wirkende Anziehung anderer Grundstoffe kann der Verbreitung derselben ins Unendliche Grenzen setzen. Diese rein elastischen Flüssigkeiten heißen auch strahlende. Zur leichtern geometrischen Construktion der Begriffe bey der Erklärung der Erscheinungen der rein expansiblen Flüssigkeiten sey es zwar erlaubt, sich die Verbreitung derselben in Strahlen und als diskreter Theilchen in geraden Linien vorzustellen; aber in der Wirklichkeit sey diese atomistische Vorstellungsart durch nichts erwiesen. Vielmehr erfüllten sie, wie alle Materien, auch bey der größten Dünne ihren Raum mit Continuität. Die schweren expansiblen Flüssigkeiten, wie die Luftarten und Dämpfe, besitzen alle eine expansive Elasticität.

Diese Theorie des Herrn Gren ist sehr vielen Zweifeln ausgesetzt, und mit der dynamischen Physik unvereinbar. Die Eintheilungen, welche er von den expansiblen Flüssigkeiten gegeben hat, scheinen mit

mit sich selbst nicht bestehen zu können. Nach meiner Meynung hat es hiemit folgende Bewandtniß: nach der dynamischen Physik läßt sich keine Materie ohne abstoßende und anziehende Kraft denken; bey der Vorstellung der Materie muß also nothwendig anziehende und zurückstoßende Kraft zugleich gedacht werden. Daher ist alle Materie expansiv, und der Unterschied der größern und geringern Expansion liegt nicht in der Mittheilung, sondern bloß in den unendlich verschiedenen Graden der Expansivkraft; hiermit wird aber gar nicht geläugnet, daß die Expansion durch die Einwirkung einer andern expansiven Kraft mehr Leben oder Wirksamkeit erhalten könne, und in dieser Rücksicht als abgeleitet betrachtet werden müsse. Es würde aber offenbar zu leeren Begriffen führen, wenn man mit Herrn Gren die expansiblen Flüssigkeiten in an sich expansible und durch Mittheilung oder Ableitung expansible eintheilen wollte, indem hieraus nothwendig folgen müßte, daß es Materien gebe, welche gar keine Expansivkraft besäßen, sondern diese erst durch Mittheilung von andern Materien erhielten, welches selbst den Grundsätzen des Herrn Gren entgegen wäre, da er selbst zum Wesen der Materie zurückstoßende Kraft annimmt. Ueberhaupt ist es auch nach richtigen Principien unmöglich, einer Materie Expansion mitzutheilen, wenn sie diese nicht schon ursprünglich hat. Es ist also irrig, wenn Gren sagt, daß die Luftarten und Dämpfe ihre Expansibilität allein dem Wärmestoffe zu verdanken hätten; jene haben nur in so fern dem Wärmestoffe ihre Expansibilität zu verdanken, in so fern ihre ursprüngliche Expansibilität dadurch mehr Wirksamkeit erlangt, und in so fern ist sie nun auch abgeleitet. Ferner ist aber auch ohne Anziehungskraft keine Materie

terie möglich, weil sie sich durch Abstoßung ihrer Theile ins Unendliche zerstreuen, und in einem anzugebenden Raume gar nicht anzutreffen seyn würde, wofern ihr nicht die Anziehungskraft Schranken setzte. Wenn also nach Gren's Meynung die rein expansible Flüssigkeit der Expansivkraft allein folgte, so würden wir nirgends eine solche Flüssigkeit antreffen können, wofern nicht eine Anziehungskraft entgegenwirkte. Wir würden daher unmöglich Wärmestoff und Licht sammeln, vermehren und vermindern können, welches doch alles der Erfahrung völlig entspricht, wenn jene Stoffe allein der Expansivkraft folgten. Zwar sagt Gren, daß die Anziehung anderer Materie der Verbreitung der rein expansiblen Flüssigkeiten ins Unendliche Schranken setze; allein auch dieß ist unmöglich, wenn nicht die Materie ursprüngliche Anziehung hat. Die Eintheilung der Flüssigkeiten in rein expansible und schwere expansible gründet sich auf die irrige Vorstellung, welche sich Gren von der Schwerkraft gemacht hat. Es würden alle Materien, mithin auch alle Körper, von unserer Erde entfliehen, wenn nicht die weit größere anziehende Kraft unserer Erdmasse sie an die Erde fesselte. Ein Körper ist nur in so fern schwer, als er von der größern anziehenden Kraft der Erde gegen dieselbe getrieben wird, welche ihn also mit gleichförmig beschleunigter Geschwindigkeit anzieht. Selbst der Wärmestoff ist von dem Zuge der Erde nicht ausgenommen, und muß auch in so fern gegen die Erde schwer seyn. Würden der Wärmestoff und das Licht nicht von der Erde angezogen, mithin jene Stoffe gegen diese nicht schwer seyn, so würden sie von uns entfliehen, und es wäre uns folglich unmöglich, diese Stoffe auf unserer Erde zu sammeln.

Daß

Daß wir die Schwere nicht bemerken, davon kann der Grund in verschiedenen Umständen liegen; unsere Werkzeuge und alle angewandte Mittel können nämlich viel zu grob seyn, ihre Schwere zu bemerken.

Die so sehr verwickelte Lehre von den Verwandtschaften hat in dieser Periode ungemeine Fortschritte gemacht, ob ich gleich im voraus anführen muß, daß ihre Ursache bey weitem noch nicht entdeckt ist. Die so ungemein vielen entdeckten Thatsachen machten es nothwendig, diesen Gegenstand mit dem größten Eifer zu untersuchen. Der berühmte Bergmann war der erste, welcher den Nahmen: Verwandtschaften, mit dem Ausdrucke Wahlanziehungen vertauschte, wodurch er zugleich andeuten wollte, daß der Grund dieser Erscheinung von der gegenseitigen Anziehung der in Berührung kommenden materiellen Stoffe abhange.

Nach der Herren de Limbourg und le Sage Arbeit erschienen eine ziemlich große Menge neuer Verwandtschaftstabellen. Dahin gehören besonders die vom Herrn de Fourcy 1733, vom Herrn de Machy in seinem Recueil de dissertations 1774, vom Herrn Erxleben und Herrn Weigel 1775, und vom Herrn Wiegleb in seinem Handbuch der Chemie. Berlin 1781. Vor allen aber hat Torb. Bergmann die Verwandtschaftstabellen verbessert, und verschiedene anscheinende Widersprüche, durch die Eintheilung der Verwandtschaften auf dem nassen und trocknen Wege, zwischen einfachen und doppelten Verwandtschaften sehr glücklich gehoben. Im Jahr 1775 machte Bergmann zuerst die Abhandlung über die Wahlanziehung bekannt; und von der Zeit an bis 1783, wo er den dritten Theil sei-

ner Werke herausgab, war er unaufhörlich bemüht, sie zu vervollkommnen [q]).

Da bey allen Verwandtschaften eine chemische Trennung, oder eine neue chemische Zusammensetzung, oder auch beydes zugleich entsteht, mithin die Stoffe, welche sich mit einander verbinden, in ihren Eigenschaften verändert werden müssen, so ist schon leicht zu begreifen, daß es seine Schwierigkeiten hat, die Stoffe ihrer Verwandtschaft nach in gehöriger Stufenfolge tabellarisch zu ordnen. Man erkannte dieß auch sehr bald, da man anfieng, die Lehre von der Verwandtschaft etwas näher zu beleuchten. Daher auch der Graf von Büffon [r]) den Chemikern vorwarf, daß sie eben so viel kleine besondere Verwandtschaftsgesetze annähmen, als es besondere Fälle bey den Verbindungen und Trennungen der Körper gäbe; er glaubte vielmehr, wie nachher angezeigt werden soll, daß sich alle chemische Verwandtschaften auf das allgemeine Gesetz der Gravitation beziehen. Selbst Monnet [s]) nannte die ganze Lehre von der Verwandtschaft eine Chimäre, welche der eigentlichen Wissenschaft gar keinen Vortheil bringe. Dagegen vertheidigte Macquer in seinem chemischen Wörterbuche die Verwandtschaftslehre mit Nachdruck. Seitdem aber Bergmann diese Lehre so glücklich bearbeitete, fieng man beynahe allgemein an, den Grund derselben in der Newton'schen Attraktion zu suchen. Die-

q) *Torb. Bergmann* opuscula physica et chemica. Vol. III. 1787.

r) Supplement à l'histoire naturelle. T. I. à Paris. 1775.

s) Traité de la dissolution des métaux. Amst. et Paris 1775. 8.

Dieses thaten besonders die Herren Erxleben [t]), Wenzel [u]), Weigel [x]), Wiegleb [y]), Succow [z]), Lubbock [a]), Kirwan [b]) und Morveau [c]).

Newton und viele seiner Nachfolger waren überzeugt, daß die Verwandtschaftsgesetze ganz anders beschaffen sind, als das Gesetz der Gravitation. Gleichwohl waren die eben genannten Herren geneigt, zu glauben, daß das einzige Princip, auf welches sich die Verwandtschaften gründen, auf dem allgemeinen Gesetze der Gravitation beruhe. Allein hiebey entstanden nothwendig die Fragen, wie kann die einzige Kraft der Anziehung zur Erklärung aller der unendlich mannigfaltigen Wirkungen dienen, welche uns die chemischen Erscheinungen darbieten? Wie kann ein Gesetz, welches nur Verhältnisse anzeigen soll, die sich auf Entfernungen beziehen, auch auf Verwandtschaften ausgedehnt werden, welche die unmittelbare Berührung oder die Beraubung aller Entfernung voraussetzen? Diese wichtigen Fragen glaubte Büffon in der folgenden Stelle glücklich beantwortet zu haben.

Die

t) Anfangsgründe der Chemie. 1775.

u) Lehre von der Verwandtschaft der Körper. 1776.

x) Grundriß der reinen und angewandten Chemie. 1777.

y) Handbuch der allgemeinen Chemie. 1781.

z) Anfangsgründe der ökonomischen und technischen Chemie. 1784.

a) De principio sorbili &c. 1784.

b) Physisch chemische Schriften. aus dem Engl. von Crell. Berlin 1783–1794. 3 Bände.

c) Allgemeine theoretische und praktische Grundsätze der chemischen Affinität. Berlin 1794. 8.

Die Verwandtschaftsgesetze, sagt er, nach welchen die Bestandtheile der verschiedenen Massen sich von einander trennen, um sich unter einander zu vereinigen und gleichseitige Materien zu bilden, sind die nämlichen allgemeinen Gesetze, nach welchen alle himmlische Körper auf einander wirken. Sie richten sich gleichfalls nach den Verhältnissen der Massen und der Entfernungen. Ein Kügelchen Wasser, Sand oder Metall wirkt auf ein anderes Kügelchen, wie die Erdkugel auf den Mond; und wenn man bis auf die neuesten Zeiten die Gesetze der Verwandtschaft als verschieden von den Gesetzen der Schwere betrachtet hat, so muß man sie nicht recht verstanden, nicht auf die ersten Grundsätze zurückgeführt, man muß den Gegenstand nicht in seiner ganzen Ausdehnung umfaßt haben. Die Figur, welche bey der Wirkung der himmlischen Körper auf einander, wegen ihres großen Abstandes von einander, für nichts gerechnet wird, macht bey einem kleinen, oder bey gar keinem Abstand alles aus. Wenn der Mond und die Erde, statt ihrer Kugelgestalt, abgestumpften Cylindern glichen, deren Durchmesser den Durchmessern der Kugeln gleich wären, so würde das Gesetz ihrer gegenseitigen Wirkung durch die veränderte Figur nicht merklich leiden, weil die Entfernung aller Theile des Mondes von allen Theilen der Erde nur eine geringe Abweichung erlitten hätte. Würden aber diese Weltkörper sehr ausgedehnte und nahe liegende Cylinder, so müßte das Gesetz ihrer gegenseitigen Wirkung sehr abgeändert erscheinen, weil die Entfernung der Theile eines jeden Körpers von einander, und von den Theilen des andern, ein neues Verhältniß erhielte. Sobald also außer der Entfernung noch die Figur ein Moment in der Berechnung werden muß, so scheint das

Gesetz

Gesetz abzuweichen, wiewohl es im Grunde das nämliche bleibt.

Von diesem Grundgesetze geleitet kann der menschliche Geist noch einen Vorschritt wagen, und in das Innere der Natur tiefer eindringen. Die Figur der Bestandtheile der Körper ist uns unbekannt. Das Wasser, die Luft, die Erde, die Metalle, alle gleichartige Körper sind ohne Zweifel aus einander ähnlichen Elementartheilchen von unbekannter Form zusammengesetzt. Die Gelehrten künftiger Jahrhunderte werden sich durch Rechnung hier ein neues Feld von Kenntnissen eröffnen, und vielleicht die Figur der Elemente der Körper bestimmen können. Sie werden von dem festgesetzten Princip ausgehen, und zur Grundlage annehmen, daß die Materie sich im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernungen anzieht, da dieses allgemeine Gesetz nur, vermöge der Figur der Bestandtheile jeder Substanz, welche zur Bestimmung der Entfernung das Ihrige beyträgt, in den besondern Anziehungen abzuweichen scheint. Wenn man nun durch wiederholte Versuche zur Kenntniß des Attraktionsgesetzes einer besondern Substanz gelangt seyn wird, so wird man auch durch Rechnung die Figur ihrer Bestandtheile finden. Man habe z. B. durch die Erfahrung gefunden, daß Quecksilber auf einer vollkommen polirten Fläche sich immer im umgekehrten Verhältniß des Würfels der Entfernungen anzieht, so wird man durch Hypothesen, durch Annäherungen und Rechnungen suchen müssen, welche Figur mit dieser Erscheinung am meisten übereinkommt, und diese Figur kann man den Bestandtheilen des Quecksilbers mit Recht beymessen. Fände man durch Versuche, daß dieses Metall

tall sich im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernung anzieht, so wäre erwiesen, daß seine Bestandtheile die Kugelgestalt haben, weil die Kugel die einzige Figur ist, welche dieses Gesetz will, und Kugeln in jeder Entfernung immer das nämliche Attraktionsgesetz beybehalten.

Newton hat zwar schon vermuthet, daß die chemischen Verwandtschaften, welche nichts anders sind, als die besondern Anziehungen, von welchen hier die Rede ist, nach Gesetzen vor sich gehen, welche den Gesetzen der Schwere sehr ähnlich sind; aber er scheint noch nicht eingesehen zu haben, daß die besondern Gesetze bloße Modifikationen des allgemeinen Gesetzes sind, und von diesem nur in so fern verschieden erscheinen, als bey einer sehr kleinen Entfernung die Figur der einander anziehenden Atomen eben so viel und noch mehr zur Ausdrückung des Gesetzes beyträgt, indem die Figur alsdann zur Bestimmung des Abstandes einen großen Theil beyträgt.

Auch Bergmann hat diese Meynung angenommen und aus denselben Gründen wie Büffon vertheidigt, und Macquer bemerkt, daß die Schwerkraft, als eine der Materie wesentlich zukommende Bestimmung, sich nicht bloß auf Körper von ungeheuern Massen und sehr großen Abständen einschränke, sondern auch unter den kleinen Atomen der Materie, auf unendlich kleine Entfernungen, und also auch bey den chemischen Zusammensetzungen und Auflösungen statt finden müsse.

Indessen bemerkt Herr Morveau, obgleich die Uebereinstimmung vieler großer Männer einen günstigen Eindruck für diese Meynung erwecken müsse, und so sehr die Behauptung, daß bey nahen Anziehun-

hungen die Kraft der Schwere durch die Figur verändert werde, an und für sich evident scheine, so müsse er doch gestehen, daß man noch nicht dahin gelangt sey, in einem besondern Falle das Gesetz des Quadrats der Entfernungen, bloß durch die Figur modificirt, auf die Verwandtschaft anwenden zu können. Es behaupteten sogar einige berühmte Mathematiker, daß die Verwandtschaft zwar eine Wirkung der Anziehung sey, aber nach ganz andern Gesetzen vor sich gehe; daß das Gesetz des Quadrats der Entfernungen bey der Anziehung durch Berührung nicht mehr statt finde und diese nicht erklären könne, wenn man auch die Figur der Bestandtheile zu Hülfe nehme; daß es noch andere Gesetze in der Natur geben müsse, denen die Anziehung in der Nähe unterworfen sey, welche noch zu entdecken übrig blieben. Indessen sey er aus Gründen vollkommen überzeugt, daß man sich vom wahren Wege entfernen würde, wenn man ein anderes Gesetz, oder besser, eine andere Kraft der Anziehung gestatten wolle, und daß wir vielmehr in allen unsern Untersuchungen nur auf Mittel bedacht seyn müßten, wie man die allgemeine Schwerkraft mit dem bey der Verwandtschaft wirkenden innern Vermögen vereinigen könnte.

1. Wenn man zwey Körper dermaßen einander nahe bringe, daß sie sich wenigstens in einigen Punkten berührten, so halte eine Kraft sie auf einander geheftet. Diese Kraft finde statt, die Körper möchte von ähnlicher Natur seyn, oder nicht; sie vernichte sogleich die algemeine Schwerkraft nach dem Mittelpunkte der Erde, so wie dieses die Verwandtschaft thue; sie leide, wie die Verwandtschaften, Abänderungen nach den verschiedenen Körpern, und sogar in

in der nämlichen Ordnung. Beweise für diese Meynung glaubt er schon in der Abhandlung über die Adhäsion angegeben zu haben. So oft die Adhäsionen ohne merklichen Irrthum bestimmt werden könnten, müßten die Summen der Widerstände, welche der Trennung entgegengesetzt würden, als der genaue Ausdruck der Verhältnisse der Verwandtschaft unter eben diesen Substanzen, oder ihres Bestrebens sich zu vereinigen, betrachtet werden.

Daß die Adhäsion wirklich eine Wirkung der Anziehung sey, leide nun keinen Zweifel mehr, nachdem er dargethan habe, daß der Druck der Luft keinen Antheil daran habe.

Herr Morveau fügt noch folgende Beobachtung hinzu, welche er nachher noch zu machen Gelegenheit gehabt hat, und welche ihm zur Bestätigung seines Satzes dient. Man lege nämlich ein Quecksilberkügelchen, das ohngefähr 60 Gran wiegt, auf eine Horizontalebene, z. B. auf eine Spiegelglasscheibe, und nähere der Oberfläche des Quecksilbers in senkrechter Linie eine eiserne Stange; hat man nun den Versuch so angestellt, daß man vermittelst einer Schraube die eiserne Stange erheben kann, ohne ihr irgend eine andere Bewegung mitzutheilen, so wird man sie um ½ Linie und darüber entfernen können, ohne daß das Quecksilber aufhört in Berührung zu bleiben, bis es die Umstände durch Vergrößerung der Entfernung, oder durch einen Stoß verändern.

Suche man nun das Gesetz, nach welchem diese Kraft zu- oder abnehme, so werde man leicht einsehen, daß das Gesetz der Quadrate der Entfernungen ihr in keinem höhern Grade als den Verwandtschaften zukomme, daß man auch die Modifikationen,

welche

welche die Figur der Bestandtheile mache, hinzu rechnen könne, und das Gesetz bleibe noch eben so unzureichend; kurz, daß man bey diesen einfachen Datis keine Berechnung festsetzen könne, welche mit der Wirkung übereinkomme. Die Stärke dieser Kraft bey der Berührung bleibe immer unbegreiflich, und die so alltägliche Erscheinung des Aufsteigens der Flüssigkeiten in den Haarröhrchen habe bis auf die neuesten Zeiten keiner Anwendung der Schwerkraft fähig geschienen. Diejenigen Naturforscher, welche geneigt seyn, ein höheres Gesetz anzunehmen, als das Gesetz der Quadrate, würden kein Bedenken tragen, zu den Erscheinungen, welche von diesem Gesetze abhangen, Adhäsion und Verwandtschaft zu rechnen; denn man könne diese beyden Eigenschaften der Körper aus oben angeführten Gründen nicht von einander trennen; und wenn man zugäbe, daß die Adhäsion eine Folge der allgemeinen Schwerkraft sey, so müßte man das nämliche von der Verwandtschaft gelten lassen, wenn man gleich diese noch nicht genugthuend erklären könnte.

Wolle man aber ein anderes Gesetz einführen, welches sich auf Adhäsion und Verwandtschaft zugleich beziehen sollte, so finde man wieder andere Schwierigkeiten. Man finde oft Anhängung bey Körpern, welche keine Verwandtschaft unter einander hätten. Hievon gäben Wasser und Glas, Oel und Wasser, Eisen und Quecksilber, die auffallendsten Beweise. Außerdem müßten wir noch bemerken, daß aus der Voraussetzung eines besondern Gesetzes für die Anhängung nothwendig die Folgerung fließen müßte: jedes Uebereinanderlegen zweyer Körper bringe auf der Stelle einen merklichen Widerstand hervor, da sich doch

doch diese Kraft nur bey bey einer gewissen Menge von Berührungspunkten zeige. Wenn man sich nun erinnere, daß wir gewöhnlich das Berührung nennten, was in den meisten Fällen nur eine große Nähe sey, so würden wir gestehen müssen, daß es weit vernünftiger sey, anzunehmen, es gebe nur Eine Ursache der Anziehung, und die Anziehung folge nur einem einzigen Gesetze. Wir kennten die Umstände, welche die Wirkung dieser Kraft modificirten, da, wo sie unverkennbar sey, eben so wenig, als da, wo man in Versuchung gerathe, eine von ihr verschiedene Kraft anzunehmen; und man gehe also sicherer, wenn man sich an eine Hypothese halte, welche diese Modifikationen eines erwiesenen Gesetzes erkläre, als wenn man sich ein neues erdenke, dessen Existenz problematisch sey, das man noch nicht einmal hypothetisch zu erklären wisse, und dessen Nothwendigkeit schon durch die bloße Möglichkeit widerlegt werde, daß man, ohne es zuzulassen, alle Schwierigkeiten, welche es auflösen solle, vielleicht vernichten könnte.

2. Unabhängig von Adhäsion und Verwandtschaft betrachteten wir die Wirkungen, welche aus der Anziehung folgen, das Zusammenziehungsvermögen, d. h. die Kraft, welche die Theile eines gleichseitigen Körpers vereinigt erhalte, und seine Festigkeit, oder den Widerstand, welchen die Theile der Trennung leisten, hervorbringe. Diese Kraft sey nur in so fern von der Verwandtschaft verschieden, daß sie sich auf ähnliche Theile äußere; und von der Anhängung, daß diese Theile sich nicht bloß durch eine Oberfläche berühren; sie scheine auch von der Schwerkraft nur durch die Stärke ihres Vermögens abzuweichen. — Gründe genug, um sie dem allgemei-

meinen Gesetze unterzuordnen. Wolle man aber den Gang der Regel in einzelnen Fällen verfolgen, so verliere man den Faden; und wahrhaftig, wenn die Schwierigkeit, alle Erscheinungen auf das allgemeine Gesetz zurückzuführen, die willkührliche Erschaffung neuer Gesetze rechtfertigen könnte, so würden wir bald so viel Gesetze, als unerklärbar gebliebene Erscheinungen haben.

Morveau glaubt, daß wir bey dem jetzigen Zustande unserer Kenntnisse gleich große Schwierigkeiten finden, das Gesetz der Adhäsion und Verwandtschaft mit dem Zusammenhängungsvermögen, als das Gesetz der Schwere mit der Verwandtschaft zu vereinigen. Es sey anerkannt, daß die Cohäsion zwar immer stärker, als die Adhäsion, aber bald stärker, bald schwächer, als die Verwandtschaft, sey, ohne daß die Dichtigkeit der Massen diesen Unterschied rechtfertige. Salpetersäure zerstöre die Cohäsion des Silbers, und wirke nicht auf den Kieselstein, der viermal lockerer sey, als das Silber. Wir müßten also auch hier, wie bey den Verwandtschaften, Modifikationen des Gesetzes annehmen. Bringe man ferner zwey Wassertropfen so nahe an einander, daß sie sich nur in einem einzigen Punkte berührten, so würden sie sich in einem einzigen Tropfen zusammenziehen. Dieses nenne man, wie bekannt, die Verwandtschaft der Zusammenhäufung; dieser Ausdruck sey freylich der Erscheinung sehr angemessen; aber er gebe von dem Gesetze selbst noch keinen Begriff. Es scheine wenigstens offenbar, daß hier das Anhängungsvermögen nicht gewirkt habe; denn dieses äußere sich nur da, wo die neben einander liegenden Theilchen eines Körpers auf die neben einander liegen-

liegenden Theilchen des andern wirkten; auch nicht das Gesetz der Verwandtschaft, in dem Sinne, wo man es von der Schwerkraft unterscheide; denn alsdann könne sich sein Einfluß nicht über die respektive Sättigung der Theile, welche einander nahe kämen, erstrecken, mit einem Worte, es habe hier kein besonderes Gesetz für nahe Anziehungen gewirkt.

Es liege ein offenbarer Widerspruch in der Behauptung, daß ein Gesetz ausschließend für die Berührung gelten, und doch zugleich die Ursache von der Kugelgestalt der zusammengehäuften Masse seyn könne; denn die Kugelgestalt müsse nothwendig von einem Vermögen herrühren, welches die kleinsten Theilchen in einem gemeinschaftlichen Mittelpunkt vereinigt, und also unmittelbar auf die äußersten Enden des Radii wirkt, d. h. auf Punkte, welche von dem Mittelpunkte der Schwere die entferntesten sind. Inzwischen lernten wir durch diese Erscheinungen der Zusammenhäufung eine Kraft kennen, welche die Anziehung nach dem Mittelpunkt der Schwere aufzuheben, zu überwinden vermag, und ein ganz verschiedenes Gesetz zu erfordern scheint; wenn sich nun aber dieses neue Gesetz in dem besondern Falle noch nicht vollständig anwenden lasse, mit welchem Rechte wollte man es zur Erklärung der Fälle gebrauchen, wo man nicht gleichen Grund hat, es vorauszusetzen?

Um ein deutlicheres Bild von der Erscheinung zu haben, worauf es hier ankomme, oder besser, um die Kraft messen zu können, welche die von einem Mittelpunkt entfernten Theilchen um diesen Mittelpunkt zusammenkette, soll man eine gewisse Menge Quecksilber auf ein wohl ausgearbeitetes und horizontal gelegtes Stück Marmor setzen; hierauf auf das

applatirte Quecksilberkügelchen eine Schicht von dünnem Glase bringen, und man werde noch keine merkliche Verminderung der Dicke der Quecksilbermasse wahrnehmen. Belade man aber nach und nach die Glasschicht mit Gewichten, so werde das Quecksilberkügelchen immer dünner und dünner, und in dem nämlichen Verhältnisse ausgedehnter. Nehme man endlich die Gewichte weg, welche die Glasschicht belasten, so erhalte das Quecksilber sogleich wieder seine vorige Gestalt, und entferne selbst die Glasschicht von dem Mittelpunkt der Schwere, bis sich die Schwerkraft und Verwandtschaft der Zusammenhäufung im Gleichgewicht befänden. Diese Wirkung finde nicht bloß bey Tropfen und Kügelchen statt; sondern wenn Jemand von einer Spiegelglasscheibe, die er mit Quecksilber in Berührung bringe, um sie zu belegen, die Gewichte wegnehme, ehe sie mit dem Zinn in Berührung gekommen, so steige sie in die Höhe, die Lage Quecksilber nehme ihre vorige Dicke an, und der Theil Quecksilber, welcher schon die Ränder überschritten hatte und sich trennen wollte, trete wieder zurück. Man sehe leicht ein, daß die Theile der Flüssigkeit, welche sich auf den Seiten befänden, von der Anziehung der gleichartigen Theile, mit welchen sie in Berührung kämen, zurückgehalten würden; dieses hebe die Wirkung ihrer Schwere auf, und diese Bedingung wäre nothwendig, um bey einer solchen kleinen Masse die Anziehung nach dem Mittelpunkt der Schwere wirksam zu machen. Allein niemand könne auf den Gedanken gerathen, daß sich diese Theilchen, vermöge einer Kraft, welche der Berührung ausschließend zukomme, von einem entfernten Mittelpunkte einander näherten, sich über einander häuften, und an Höhe gewönnen, was sie jetzt

an Ausdehnung verlören. Kurz es sey offenbar, daß sich die Theile eines jeden beliebigen Körpers in einer desto größern Menge von Punkten berührten, je weniger Oberfläche die Masse besitze; die Anziehung, welche sie auf diese Gestalt zurückführe, verursache nichts anders, als daß sich die Theilchen jezt in mehr Punkten berührten; sie thue dieses freylich nur in einer gewissen Entfernung, aber sie bringe eben daher Berührung hervor, und verdanke nicht umgekehrt ihre Kraft der Berührung, wie Manche glaubten.

Diese Wirkung des Zusammenhangs zeige sich in einer Menge alltäglicher Operationen.

3. Man zweifle seit Newton's Zeiten nicht mehr daran, daß die Anziehungskraft die Kugelgestalt der Flüssigkeiten und derjenigen Körper bestimme, welche aus dem flüssigen in den festen Zustand übergehen. Inzwischen zeige sich bey einer sehr bekannten Erscheinung, der Krystallisation, eine Ausnahme von diesem Gesetze. Die Theilchen der Körper, welche sich hier gleichfalls regelmäßig, und in concentrischen Lagen um einen Mittelpunkt dergestalt an einander ketten sollten, daß der Mittelpunkt der Schwere zugleich der Mittelpunkt der Figur der Masse wäre, erzeugten durch ihre Vereinigung Tetraedra, Würfel, Rhombi, Oktaedra, länglichte Prismata; kurz, Polyedra aller Art. Man habe sogar durch zweckmäßige Kunstgriffe entdeckt, daß diese Formen bis in das Innere der kleinen im Feuer geschmolzenen Metallmassen aus mannigfachen regelmäßigen Ebenen zusammengesetzt seyen, da sie doch äußerlich nur eine runde Gestalt darböten, sobald man nämlich die Wirksamkeit der Kräfte, welche kugelartige Zusammenhäufungen hervorzubringen strebten, nicht unterbreche.

Diese

Diese Krystallisationen seyen unläugbar Wirkungen der gegenseitigen Anziehung krystallinischer Theile, und sogar die augenscheinlichsten Wirkungen dieses Vermögens; nur werde es hier von der Figur modificirt. Morveau erinnert statt aller Beweise nur an die mannigfaltige Bildung der Massen, welche die Zusammenhäufung der Theilchen darstelle, und an ihre Entfernung von dem allgemeinen Gesetze der Schwere und selbst von dem Gesetze der Cohäsion. Nach dem letztern Gesetze sollten sich die Theilchen jedes beliebigen Salzes äußerlich in sphärischen Massen gruppiren, so oft sie ihren wechselseitigen Anziehungen überlassen würden. Habe nun die Figur der krystallinischen Bestandtheile hier einen so mächtigen Einfluß, daß sie die Ordnungen der Anziehungen verändern könne — sobald man nämlich nur die Massen, und die nach dem Mittelpunkt der Massen geschätzten Entfernungen in Erwägung ziehe — warum sollten wir nicht glauben, daß die verschiedenen Grade der Adhäsion, Cohäsion und Verwandtschaft nichts anders seyn, als Wirkungen einer und derselben Eigenschaft der Materie, d. h. der nämlichen Kraft und dem nämlichen Gesetze, nur gleichsam durch die Figur modificirt? Man könne hier keinen Unterschied angeben, als etwa den, daß die Produkte der Krystallisation in die Augen fielen, dahingegen die Atomen, worauf die Verwandtschaften ihre Kraft äußerten, allen Sinnen entgiengen. Man erkenne durch eine geringe Ueberlegung, daß die Erscheinungen der Krystallisation von einem besondern Gesetze, wie z. B. dem Gesetz für die Berührung, eben so wenig abhangen könnten; denn wenn gleich die auflösende Flüssigkeit, in welcher sich die krystallinischen Theilchen schwebend befänden, mit dem Krystall, der sich daran bilde,

in unaufhörlicher Berührung bleibe, so müsse es doch nothwendig einen Augenblick geben, wo das letzte Theilchen, welches den Salzwürfel vollende, sich durch seine eigene Verwandtschaft bewege, ehe es die unmittelbare Berührung empfangen könne, durch welche ihm sein Platz angewiesen werden sollte.

4. Wenn man bisher das allgemeine Gesetz der Schwere noch nicht auf die Verwandtschaften geradezu habe anwenden können; d. h. wenn man noch nicht dahin gelangt sey, die Wirkung der Verwandtschaften zu berechnen, so verhalte es sich eben so mit dem Aufsteigen der Flüssigkeiten in den Haarröhrchen, oder zwischen zwey in einer kleinen Entfernung parallel gelegten Ebenen. Aus diesem Grunde hätten Einige geschlossen, daß das nämliche Gesetz, welches Cohäsion und Verwandtschaft bestimme, auch für die letztere Erscheinung gelte; aber diese bloße Annäherung habe noch keine Aehnlichkeit mit einer Kraft, welche ihre Stärke nur vermöge der unmittelbaren Berührung empfange; denn das Haarröhrchen halte nicht bloß die Theilchen, welche man heranbringe, sondern es ziehe sie in der That noch vor der Berührung, d. h. in einer gewissen Entfernung, an; und diese Anziehung müsse sogar in einer sehr merklichen Entfernung vor sich gehen, da man die Mündung der Röhre nur gegen die Oberfläche der Flüssigkeit zu halten brauche, um diese von selbst bis auf den Punkt steigen zu lassen, wo das Gewicht ihrer Masse sich mit der Kraft, welche sie anziehe, in Gleichgewicht befinde. Diese Wirkung könnte gewiß nicht statt finden, wenn nicht die Materie des Röhrchens Einfluß auf die Theilchen hätte, welche es noch nicht berühre. Also hange diese Erscheinung, welche gleichfalls die Ordnung

der

der allgemeinen Schwere umzukehren scheine, eben so wenig wie die Verwandtschaft von einer Kraft ab, welche sich nur auf unmittelbare Berührung gründe; sie scheine eben so wenig wie die Verwandtschaft der Anwendung des Gesetzes von den Quadraten der Entfernung fähig; und wenn man hinzusetzt, daß auch hier die Qualität der Substanzen, ohne Beziehung auf die Massen, Veränderungen hervorbringe, so werde man geneigt, alle diese Erscheinungen von einer und derselben Kraft, welche unter verschiedenen Umständen verschieden wirkt, abhangen zu lassen; man finde es wahrscheinlich, daß die Unregelmäßigkeiten in allen diesen Fällen nur scheinbar seyen, weil sich die kleinen Umstände unsern Augen entzögen, welche die auffallenden Wirkungen hervorbrächten; mit einem Worte, daß die Anziehung nur durch die Entfernung, und die Entfernung nur durch die Figuren modificirt würde. Ohne diese Vermuthung müßte man nicht nur ein eigenes Gesetz für die Berührung, man müßte ein Gesetz für Berührung und für eingeschränkte Entfernungen zugleich annehmen; man müßte ein Princip von ganz neuer Art erdenken, das mit der Schwerkraft gar nichts gemein hätte, weil es weder mit den Massen noch mit den Entfernungen im Verhältniß stände, d. h. man müßte statt einer allgemeinen, der Materie wesentlich zukommenden Bestimmung, eben so viel verborgene Ursachen gelten lassen, als es verschiedene Substanzen gibt.

5. Bis jetzt hätten wir noch keine Kenntniß von der Dichtigkeit der Theile, welche die Elemente der Körper ausmachten, und Macquer bemerke ganz richtig, daß wir von der Dichtigkeit der kleinsten Bestandtheile nur nach der Dichtigkeit der durch ihre Ver-

einigung zusammengehäuften Masse urtheilten, denn es sey leicht möglich, daß ein Körper, dessen primitive Theile nur sehr wenig Dichtigkeit besäßen, durch Zusammensetzung derselben zu einer überaus dichten Masse würde, wofern nur diese Theile so gestattet seyen, daß sie sich von allen Seiten leicht und innig berührten. Umgekehrt könne eine lockere Masse aus sehr dichten Theilen zusammengesetzt seyn, wofern sich diese, vermöge ihrer Gestalt, nur wenig berührten. So könne das Kupfer, das in großen Massen merklich lockerer sey als Silber, in seinen einfachsten Theilen weit dichter seyn, als dieses; ja das Kupfer könne Theile von minderer Dichtigkeit besitzen, aber diese Theile könnten vermöge ihrer eigenthümlichen Gestalt und der vermehrten Berührungspunkte eine eben so mächtige Wirksamkeit auf die Theile eines dritten Körpers äußern, als nur immer durch eine größere Dichtigkeit hervorgebracht werden könnte; denn wir begriffen wohl, daß die Berührungen die Dichtigkeit zu ergänzen vermögend seyen. Wenn man nun die Frage aufwerfe, warum das Kupfer von der Salpetersäure mehr, als das Silber angezogen werde? so finde man eine mögliche und befriedigende Ursache entweder in der größern Dichtigkeit der Theile des erstern Metalls, oder in seiner zur Berührung tauglichen Gestalt. Und in beyden Fällen begriffen wir zugleich, wie die Anziehung der Verwandtschaft in einem weit größern Verhältnisse als die Schwere zu wachsen scheine, und warum diese Kraft in so merklichen Graden Abänderungen leide, ohne im Verhältniß mit den Massen zu stehen, eine Frage, welche immer unauflöslich bleiben werde, wenn man ein höheres Gesetz für die Berührung annehme.

Alle

Alle diese Beobachtungen, meint Morveau, könnten ihn zu der Folgerung berechtigen, daß es in der Natur nur Eine allgemeine Eigenschaft der Materie, nur Eine Kraft gebe, welche wir Anziehung nennten, daß diese Kraft nur Ein Gesetz anerkenne; und wenn sich dieses Gesetz nicht auf alle Erscheinungen der Verwandtschaften anwenden lasse, so bleibe die Aufgabe nur deßhalb zusammengesetzt und unbestimmt, weil uns die zur Auflösung nöthigen Data fehlten; überhaupt, daß man bis jetzt noch keinen vernünftigen Grund habe, ein anderes Gesetz, oder besser, eine andere Kraft zur Erklärung dieser Erscheinungen einzuführen. Diesen Schluß könne er mit desto größerer Sicherheit machen, da das von den Naturforschern für die Berührung angenommene Gesetz keine richtige Anwendung auf die Zusammensetzungen durch Verwandtschaft leide; was sie Berührung nennten, sey nichts weniger als der Punkt der respektiven Sättigung und Ruhe. Um dieses zu beweisen, dürfe man nur auf die Art Rücksicht nehmen, wie sich zwey flüssige Metallkügelchen und zwey feste Kügelchen von dem nämlichen Metall einander anzögen; die Anziehung aller Theile der erstern werde wirklich erschöpft, weil sie sich in so viel Punkten als möglich berührten, indem sie nur eine einzige Kugelgestalt bildeten; die Berührung der letztern sey nur der Stoß zweyer Punkte ihrer Oberfläche, d. h. der Punkt, wo ihre Festigkeit die Summe aller Anziehungen ihrer kleinsten Theile hindere. Was man anscheinende Anomalien der Verwandtschaften genannt habe, könnte ihm noch mehr Beweisgründe liefern. Der Wärmestoff z. B., auf welchen er bisher noch keine Rücksicht genommen, entscheide manchmal die Zusammensetzung, ungeachtet er in der That die Entfernungen der

kleinsten Theilchen vergrößere; die Uebersättigung einiger zusammengesetzten Massen durch einen der sie zusammensetzenden Theile u. d. m. mehr. So viele Wahlanziehungen, so viele Wirkungen, welche man unmöglich als bloße Produkte der Massen und Entfernungen betrachten könne, widersprächen der Idee eines jeden Gesetzes überhaupt, unter welches sich alle Erscheinungen sollten unterordnen lassen; und wenn wir durch den Zusatz, daß die mannigfaltige Gestalt und Dichtigkeit der primitiven Theile Aenderung hervorbringe, diese Erscheinungen auf ein beständiges Gesetz zurückführen könnten, so stehe es uns nicht mehr frey, ein anderes zu erschaffen, oder der Materie eine neue Eigenschaft beyzulegen, welche von der durch die Bewegungen aller uns bekannten Körper festgesetzten verschieden sey; man müßte denn in einzelnen Fällen die Figuren und Dichtigkeiten der primitiven Theilchen genau kennen, und hierdurch die Unzulänglichkeit seiner Vermuthung zu beweisen im Stande seyn.

Zum Vortheil seiner Folgerung könnte er noch hinzusetzen, daß uns nicht bloß die Einfachheit und die Uebereinstimmung, welche man in den Triebrädern der Natur voraussetzen müsse, jede Entfernung von dem von ihr selbst vorgezeichneten Wege abrathe, sondern daß uns auch die Geschichte der Irrthümer, zu welchen die gelehrtesten Männer verleitet wurden, sobald sie diesen Compaß verließen, vor gleichen Verirrungen warne. Die Bewegung der Apsiden des Mondes habe eine Zeitlang dem allgemeinen Systeme der Schwere zu widersprechen geschienen, bis endlich genauere Berechnungen gezeigt hätten, wie man diese Erscheinung mit der Physik der Himmelskörper vereini-

einigen könne. Es sey also wenigstens vernunftmäßig, zu hoffen, daß man auch die Verwandtschaften mit diesem System zu vereinigen wissen werde, sobald man nur die zur Berechnung nöthigen Data gesammelt habe.

Herr Morveau macht endlich einen Versuch, den Einfluß der Figur auf nahe Anziehungen zu zeigen, und begreiflich zu machen, wie sehr dieselbe Kraft durch Nebenumstände Abweichungen und Wirkungen hervorbringen könne, welche man gar nicht mehr von ihr abhängig glauben sollte.

Man denke sich zwey feste Tetraedra von gleichem Volumen und gleicher Dichtigkeit, davon ein jedes aus 10 Kügelchen, von 1 Linie im Durchmesser, gebildet sey, so daß diese Kügelchen ihre kleinsten Theile oder primitiven Elemente ausmachten, in einer Flüssigkeit schwimmend, mit welcher sie sich dermaßen im Gleichgewicht befänden, daß ihre Anziehung zum Mittelpunkt der Erde für nichts gerechnet werden könnte. In dieser Voraussetzung liege kein Widerspruch. Sie sey sogar zur Ausführung seines Satzes ungünstig, weil sphärische Theilchen nothwendig eine gleichmäßig wirkende Anziehung behielten.

Da sich nun die Tetraedra von einem jeden beliebigen Punkte ihrer Oberfläche in der Entfernung Einer Linie, oder in der Entfernung zweyer Linien von den Mittelpunkten der beyden nächsten kleinsten Theile befänden, so sey die Anziehung eines jeden dieser Theilchen gegen das andere = a; also würden diese Theilchen vermöge der wechselseitigen Einwirkung der Attraktion gegen einander durch eine Kraft = 2a angezogen werden.

Die Anziehung eines jeden dieser Körper gegen den andern sey gleich der Summe der Anziehung aller seiner Theile. Demnach bleibe der Satz ungeändert, wenn man statt der zusammengesetzten Kraft die Summe der zusammensetzenden Kräfte setzte, und umgekehrt; und wenn man auf jedes Theilchen das Gesetz des umgekehrten Verhältnisses der Quadrate der Entfernungen anwende, so werde man dahin gelangen, die Anziehungskräfte dieser beyden Körper in verschiedenen Lagen und Entfernungen vergleichen zu können.

Nach diesen Voraussetzungen werde man die Kraft, mit welcher beyde Tetraedra sich anzögen, wenn sie sich Eine ihrer Spitzen zukehrten, = 9,8011 a finden. Man müsse nämlich, um sich der Wahrheit zu nähern und den Calcul zu erleichtern, annehmen, daß die beyden kleinsten Theilchen beyder Spitzen ihren Mittelpunkt auf 2 Linien Entfernung hätten, die drey folgenden auf 4 Linien, die sechs kleinsten Theilchen jeder Basis auf 6 Linien, und so wechselsweise die 10 Bestandtheilchen jedes Tetraedron gegen die 10 Bestandtheilchen des andern: so werde die nach den Entfernungen abnehmende Progression folgende seyn:

Für die respektive Anziehung der beyden kleinsten Theilchen der Spitzen, die angenommene Kraft = 2 a.

Für die drey folgenden Theilchen des einen Tetraedron gegen die Spitze des andern, und die Spitze des einen gegen die drey vorhergehenden $= 4 \cdot \frac{4}{9}$ a.

Für die 6 Theilchen der einen Basis gegen die Spitze und umgekehrt $= 7 \cdot \frac{4}{16}$ a.

Für die 3 der nächsten Ordnung unter einander $= 6 \cdot \frac{4}{16}$ a.

Für

Für die nämlichen gegen die 6 der Basis = $9 \cdot \frac{4}{16}$ a

Für die 6 der Basis unter einander = $12 \cdot \frac{4}{16}$ a mithin beträgt die Summe = 9,8011 a.

Entfernt man aber die entgegengesetzten Spitzen der beyden Tetraedra um 1 Linie mehr, so werde die Summe ihrer Anziehungen gegen diese zweyte Entfernung nach derselben Berechnung = 5,9485 a.

Entferne man sie um noch 1 Linie, so werde sie für die dritte Entfernung = 4,0691 a.

Verändere man nun die respektive Stellung beyder Tetraedra, und setze eine Grundlinie der andern entgegen, so man werde sehen, daß bey unveränderter Entfernung der beyden nächsten Punkte von einander, und bey gleich starkem Anziehungsvermögen eines jeden Theilchens in derselben Entfernung, sehr verschiedene Resultate herauskommen.

Der Calcul gebe nämlich für die Summe der Attraktionen

Erste Entfernung - -	25,1122 a
Zweyte - - - -	10,2710 a
Dritte - - - -	6,3359 a

Hieraus erhelle 1. wenn man der wechselseitigen Anziehung der zwey nächsten Theilchen zweyer Körper einen beliebigen Werth gebe, und diese Anziehung nach dem Gesetze des Quadrats der respektiven Entfernungen aller Theilchen dieser beyden Körper zu- oder abnehmen lasse, so könne die Summe der Attraktionen in verschiedenen Lagen verschieden seyn. 2. Wenn beyde Tetraedra sich mit den Spitzen näherten, so sey nach Maaßgabe der abnehmenden Entfernungen die zunehmende Attraktionskraft in den beyden angenomme-

nen Entfernungen = 40:59:98. 3. Wenn sie sich mit den Grundflächen näherten, so sey die wachsende Progression der Anziehung merklich stärker, und im Verhältniß von 63:102:251 für die drey nämlichen Entfernungen.

So auffallend auch diese Resultate seyen, welche eine Differenz von 639:162 für die Summe der Attraktionen derselben beyden festen Körper, bey gleicher Entfernung von einem ihrer nächsten Punkte, nach der Lage ihrer kleinsten Theilchen gäben, so sey er doch weit von dem Gedanken entfernt, daß diese Resultate der Idee vollkommen entsprächen, welche uns die Versuche von der Kraft der Anziehung bey der Berührung gäben. Es sey schon genug, wenn hierdurch bewiesen wäre, daß diese Kraft unter gewissen Umständen eine Zunahme erhalten, und doch dem nämlichen Gesetze folgen könne. Man begreife nun, daß die Anziehung der Schwere auch die Attraktion des Zusammenhangs und der Verwandtschaft seyn könne.

Denke man sich nun statt der Tetraeder Kugeln, welche sich nur in Einem Punkte berühren könnten, statt grober Theilchen außerordentlich feine Theilchen, welche wegen dieser außerordentlichen Feinheit eine merkliche Zunahme des Anziehungsvermögens zuwegebringen müßten, die noch dazu von einer Dichtigkeit seyn, welche unsere Einbildung übersteige, deren eigenthümliche Figur eben so mächtig mitwirke, wie bey den Tetraedern in ihren respektiven Lagen, so werde man ohne Zweifel einsehen, daß die genaue Kenntniß dieser Data uns lehren würde, wie sich Erfolge, die uns jetzt in Erstaunen setzten, mit dem bekannten Gesetze verbinden ließen.

Also

Also müßten Schwere, Anhängungsvermögen, Zusammenhängungsvermögen, und Zusammensetzung oder Verwandtschaft, als Erscheinungen betrachtet werden, welche alle von einem einfachen und einzigen Princip, von der anziehenden Kraft der Materie abhiengen.

Die Schwere, oder allgemeine Schwerkraft, sey die Anziehung, welche sich in solchen Entfernungen äußere, wo die Masse alles ausmache; wo die Lage der Theile keinen merklichen Einfluß auf die Resultate habe, und wo die Menge der Materie als in einem einzigen Punkt, oder in dem Mittelpunkt der Schwere der sich anziehenden Körper concentrirt betrachtet werden könne.

Das Anhängungsvermögen setze schon eine so kleine Entfernung voraus, daß unsere Sinne sie nicht mehr schätzen könnten; sie leide nach der superficiellen Ausdehnung der Theilchen, welche auf einander gerathen, beträchtliche Abänderungen. Bey gleichen Ausdehnungen verhalte sie sich wie die Oberflächen der an einander hangenden Körper.

Das Zusammenhängungsvermögen unterscheide sich dadurch von der Schwere und dem Anhängungsvermögen, daß diesen letztern alle Materien gleichgültig seyen, die Cohäsion hingegen nur unter gleichartigen Körpern statt finde. Dieses Vermögen sey auch wesentlich von der Adhäsion verschieden, indem nicht bloß Annäherung der Oberflächen, sondern Berührung, so weit es nur die Figur der Theilchen gestatte, darunter verstanden werde. Daher seine ungleich größere Kraft.

Die Verwandtschaft oder chemische Anziehung sey diejenige Art der Anziehung, welche Körper von ver-

verschiedener Natur nicht bloß durch die Oberflächen, wie die Adhäsion, sondern Bestandtheilchen mit Bestandtheilchen, wie die Cohäsion, vereinige. Die innere Stärke dieser Kraft zeige sich gleichfalls nur in Entfernungen, welche wir weder messen, noch einmal wahrnehmen könnten; sie entspringe, wie die Cohäsion, aus dem gegenseitigen Bestreben aller Theilchen zu einer vollkommenen Berührung, in der größtmöglichsten Ausdehnung, und von allen Seiten. Sie sey wesentlich von der Schwere verschieden, indem sie sich weniger nach den Dichtigkeiten der Massen, als nach den Dichtigkeiten der Elemente richte, indem sie ungleich mehr von den Größen und Figuren dieser Theile, als von Gewicht und Form der zusammengehäuften Massen abhange. Ihre Kraft müsse stärker seyn, als die Kraft des Zusammenhangs, sonst wäre keine Auflösung möglich. Sie sey für gewisse Körper gar nicht vorhanden; sie leide beträchtliche Abweichungen bey den meisten Körpern, und sie sey zuweilen vorhanden, ohne gerade jetzt eine auffallende Wirkung wahrzunehmen. Mit einem Worte, sie sey, nach Bergmann's sehr richtigem Ausdrucke, eine Wahlanziehung, d. h. wenn zwey Substanzen sich einer dritten darbieten, so wählt sie eine, und läßt die andere fahren; wenn zwey Substanzen sich vereinigt befänden, so wirke eine dritte dermaßen auf dieselben, daß eine weichen müsse. Diese letztere Betrachtung würde, wenn es nöthig wäre, einen Beweis mehr liefern, daß die Verwandtschaft nicht von einem besondern Gesetze für die Berührung abhangen könne; denn nach dieser Voraussetzung könnte ein Element von einem andern, durch die Verwandtschaft eines dritten, eben so wenig getrennt werden, als der nämliche Punkt mit zwey andern zu gleicher

Zeit

Zeit in Berührung seyn, oder, welches einerley ist, als der nämliche Körper sich an zweyen Orten zu gleicher Zeit befinden könnte. Man dürfe also fernerhin kein Bedenken tragen, mit Macquer zu behaupten, daß die Lehre der Anziehungen der wahre Schlüssel zu den verborgensten Erscheinungen der Chemie sey. Und wenn auch diese seine Behauptung noch keine unmittelbare Anwendung auf die Lehre von den Verwandtschaften litte, so müsse man doch keinesweges glauben, daß Untersuchungen dieser Art mehr zur Befriedigung der Neugierde, als zur Vervollkommnung der Wissenschaften dienten.

So sinnreich die Gedanken des Herrn Morveau für seine Behauptung seyn mögen, so scheint meiner Meynung nach der Grund der Verwandtschaften keinesweges auf dem allgemeinen Gesetze der Schwere, durch die verschiedenen Figuren der Grundkörperchen modificirt, zu beruhen. Die Wirkung der Adhäsion, Cohäsion und der Verwandtschaft ist bloß auf eine bestimmte Sphäre eingeschränkt, und kann aus dem Begriffe der Materie metaphysisch, wie die Anziehung der Materie gegen einander, die sich nach der Masse richtet, gar nicht bestimmt werden. Die Ursache der Verwandtschaft muß also physisch seyn, und kann bloß in der Erfahrung aufgesucht werden. Vielleicht wirken bey der Verwandtschaft solche Materien mit, die bisher noch unentdeckt sind, und welche unter gewissen Umständen Formen der Theile der Materien bestimmen können, welche sich mehr oder weniger durchdringen, oder von einander abscheiden.

Bey den chemischen Verwandtschaften gehen allemal Auflösungen der Materien und neue Verbindungen derselben vor. Nähme man nun mit den meisten Phy-

Physikern und Chemikern primitive Grundgestalten der körperlichen Theile der Materien an, so könnte auch die Trennung der Theile des aufzulösenden Körpers nicht weiter, als bis zu den Grundkörperchen (Atomen) gehen, und man muß annehmen, daß die getrennten Theilchen bloß in den Zwischenräumen des Auflösungsmittels schwimmen. Was wir daher Auflösung nennen, wäre eigentlich keine wahre Auflösung in demjenigen Sinne, in welchem sie gewöhnlich genommen wird, sondern eine bloße Nebeneinanderstellung der Atome, die Atome mögen mit dem Auflösungsmittel in eine Verbindung gekommen seyn, in welche sie wollen. Nach der atomistischen Physik würden wir daher gar keine Auflösung, folglich auch keine wahre Verwandtschaft kennen.

Weit natürlicher und mit der Erfahrung übereinstimmender muß man behaupten, daß diejenigen Materien, welche sich chemisch unter einander verbinden oder sich von einander trennen, wechselseitige Wirkungen gegen einander ausüben, und sich selbst durchdringen. Ja es läßt sich alsdann eine vollkommene chemische Durchdringung, oder eine absolute Auflösung der Materien, die auf einander wirken, denken, ohne daß diese der Erfahrung entgegen wäre. Eine solche Auflösung würde zugleich die Theilung der Materie ins Unendliche erweisen, ohne daß es einen Widerspruch in sich selbst enthielte, wie bereits schon oben gezeigt worden ist.

Was übrigens die Eintheilung der Verwandtschaften und die aufgefundenen Gesetze derselben betrifft, so gehört deren Erzählung mehr in die Geschichte der Chemie, als in die Geschichte der Physik, und muß für jene aufbehalten werden.

Eine

Eine besonders merkwürdige hieher gehörige Eigenschaft, die allen festen Körpern, wenn sie vorher in den Zustand der Flüssigkeit gebracht werden können, zukommt, ist die Krystallisation. Ob man gleich die Ursache der Krystallenformen bisher noch nicht hat entdecken können, so haben sich doch Einige bemüht, die Art und Weise zu zeigen, wie Krystalle entstehen. Romé de l'Isle [d]) brachte so viel möglich die ähnlichen Krystalle zusammen, und nahm einige Primitiv-Krystalle als Basis an. Bergmann [e]) hingegen, welcher tiefer in den Mechanismus der Metalle einzudringen suchte, sah die verschiedenen Formen als Produkte einer Ansetzung von Flächen um eine primitive Form an. Er bestätigte diese Vermuthung durch eine Varietät des Hundszahns, welchen er zerbrach, abschälte, und welcher ihn auf einen Kern leitete; aber bey diesem Blicke blieb er stehen. Herr Haüy hatte sich bereits mit demselben Gegenstande beschäftigt, als die Academie des sciences die Abhandlung von Bergmann erhielt. Bertholet, welcher selbige zuerst zu Gesichte bekam, gab sie la Place, der sie dem Herrn Haüy mittheilte. Haüy führte Bergmann's Gedanken weiter aus, suchte die Form der kleinsten Theilchen mit den einfachen Gesetzen ihres regelmäßigen Arrangements dem Calcul zu unterwerfen, und kam auf eine mathematische Theorie, welche er auf eine analytische Form reducirte, und die mit der Beobachtung

d) Essai de crystallographie. à Paris. 1772. 8. Versuch einer Krystallographie. aus dem Franz. von Weigel. Greifsw. 1777. 4.

e) De formis crystallorum, praesertim e spatho ortis. in s. opusc. Vol. II. p. 1.

tung stets übereinstimmt, ohne von Bergmann's Arbeit vorher etwas gewußt zu haben. Beyde also, Bergmann und Haüy, kamen beynahe zu gleicher Zeit auf einerley Entdeckung. Haüy's [f]) Theorie ist kürzlich folgende: Die mechanische Theilung der Krystalle muß das einzige Mittel seyn, ihre primitive Form zu finden. Wenn man z. B. eine regelmäßige sechsseitige Säule des Kalkspaths nach den natürlichen Verbindungen der Schichten, woraus sie besteht, zu trennen versucht, so wird man auf eine Rhomboide gelangen.

Es stelle (fig. 8.) abef die sechsseitige Säule des Kalkspaths vor. Man wird unter den sechs Kanten in, nc, cb, ba u. f. der obern Grundfläche drey antreffen, welche zur mechanischen Trennung geschickt sind. Es sey in eine von diesen Kanten. Die Theilung läßt sich nach einer Ebene psut bewerkstelligen, die um 45 Grade sowohl gegen die Grundfläche abcnih als gegen die Seitenfläche inef geneigt ist. Die beyden Kanten bc, ah werden ähnliche Trennungen zulassen, nicht aber die drey andern dazwischen cn, ab, hi.

Bey der untern Grundfläche gfedrk wird ganz das Gegentheil statt finden. Denn die Kanten, welche hier die Ablösung gestatten, sind den nicht ablösbaren Kanten der obern Grundfläche entgegengesetzt, d. h. es sind die Kanten de, gf, kr. Die Ebene lgyv stellt die Absonderungsfläche dieser letzten Kante kr vor. Man wird durch diese Trennung solchergestalt

f) Essai d'une théorie sur la structure des cristaux. à Paris 1784. Gren's neues Journal der Physik. B. II. S. 418. f.

gestalt sechs Flächen dargestellt haben, und wenn man fortfährt, so lange parallel mit diesen Flächen zu theilen, bis alle Flächen der sechsseitigen Säule verschwunden sind, so trifft man auf eine Rhomboide, welche als der Kern dieser Säule anzusehen ist.

Jeder andere Kalkkrystall mechanisch zertheilt giebt dasselbe Resultat; es kommt nur darauf an, die Richtung der Absonderungsflächen zu finden, welche auf die Central-Rhomboide führen. Um z. B. diese Rhomboide aus dem Kalkspathe darzustellen, der gewöhnlich unter dem Nahmen des linsenförmigen bekannt, und eigentlich selbst eine weit stumpfere Rhomboide ist, deren großer Seitenwinkel 114°, 18′, 56″ hat, geht man von den zwey Spitzen aus, und richtet die Schnitte auf die kleinen Diagonalen der Flächen. Beym scharf zugespitzten Rhomboidalspath hingegen müssen die Ebenen der Schnitte mit den an den Spitzen zusammengehenden Kanten parallel, und jede muß gleichförmig gegen die beyden Flächen geneigt seyn, die sie durchschneiden.

Bey einem Krystall einer andern Natur, z. B. beym Würfel vom Flußspath, hat auch der Kern eine andere Form. Bey diesem namentlich ist es ein Octaeder, worauf man kömmt, wenn man die acht Ecken des Würfels abtrennt. Der Schwerspath giebt zum Kerne ein gerades Prisma, dessen Grundflächen Rauten sind; der Feldspath ein schiefwinklichtes, aber nicht rhomboidalisches Parallelepipedum; der Apatit und Berill ein gerades sechsseitiges Prisma; der Demantspath eine etwas spitze Rhomboide; die Blende ein Dodecaeder mit rautenförmigen Flächen; das Eisen von Elba einen Würfel u. s. w. Jede dieser Formen ist beständig in Beziehung auf die ganze Art, so

daß die Winkel keine bemerkenswerthe Abänderung erleiden, und daß, wenn man den Krystall in jeder andern Richtung zu zertheilen sucht, man keine Trennungsflächen antreffen kann; man erhält dann nur unbestimmte Bruchstücke, und zertrümmert ihn mehr, als daß man ihn zertheilte.

Die Solida, wovon Einer in allen Krystallen von einerley Art enthalten ist, müssen als die wahren primitiven Formen angesehen werden, von denen alle andere Formen abhängen. Indessen sind nicht alle Fossilien fähig, getheilt zu werden.

Sekundaire Formen nennt Haüy alle diejenigen, welche von der primitiven Form verschieden sind. Die Anzahl dieser Formen hat eine Grenze, welche die Theorie nach den Gesetzen, denen die Struktur der Krystalle unterworfen ist, bestimmen kann.

Das Solidum von primitiver Form, welches man durch die eben erwähnten Operationen erhält, kann noch weiter parallel mit seinen verschiedenen Flächen getheilt werden. Die ganze umhüllende Materie ist solchergestalt theilbar durch Schnitte, die mit den Flächen der primitiven Form parallel gehen. Es folgt daraus, daß die durch Hülfe aller dieser Schnitte abgetrennten Theile sich ähnlich, und nur durch ihr Volumen verschieden sind, welches bey fortgesetzter Theilung immer mehr abnimmt. Man muß aber hievon diejenigen ausnehmen, welche die Flächen des secundären Solidums begrenzen. Denn weil diese Flächen nicht mit denen der primitiven Form parallel sind, so können die Bruchstücke von ihnen nicht denen ganz ähnlich seyn, die man gegen die Mitte der Krystalle absondert. So haben z. B. die Bruchstücke der sechsseitigen Säule (fig. 8.), deren äußere Flächen

Theile

Theile der Grund- oder Seitenflächen der Säule ausmachen, keinesweges in dieser Hinsicht dieselbige Figur, als diejenigen, welche nach dem Mittelpunkte hin liegen, und deren Facetten alle parallel mit den Schnitten p s u t, l q v y u. s. w. sind. Aber die Theorie zerstreuet die Verlegenheit, welche anfänglich wegen dieser Verschiedenheit entsteht, und bringt alles auf Einheit der Figur zurück.

Diese Theilung des Krystalls in kleine ähnliche Solida hat keine Grenze, über welche hinaus man zu so kleinen Theilen gelangt, daß man sie weiter nicht theilen kann, ohne die Natur der Substanz ganz zu zerstören oder diese zu zerlegen. Haüy bleibt bey dieser Grenze stehen, und giebt diesen Körperchen, die man einzeln darstellen könnte, wenn unsere Werkzeuge zart genug wären, den Namen Grundmassen. Es ist, nach Haüy's Meynung, sehr wahrscheinlich, daß eben die Grundmassen in dem Fluidum befindlich waren, woraus die Krystallisation bewirkt worden sey. Sie möchten übrigens alles gewesen seyn, was man wolle, so bleibe es doch stets wahr, daß die Theorie durch Hülfe dieser Grundmassen die verschiedenen Metamorphosen der Krystalle auf einfache Gesetze zurückführt, und man zu Resultaten gelangt, die genau mit denen der Natur übereinstimmen.

Ist der Kern ein Parallelepipedum, d. h. ein Solidum, welches sechs Flächen hat, wovon je zwey einander parallel sind, wie der Würfel, die Rhomboide u. s. w., und läßt dieß Solidum keine andere Theilungen weiter zu, als in der Richtung seiner Flächen, so ist klar, daß die Grundmassen, die aus dieser Untertheilung entspringen, sowohl vom Kerne, als von der ihn umhüllenden Masse, diesem Kerne

 ähn-

ähnlich sind. In den andern Fällen ist die Form der Grundmassen von der des Kerns verschieden. Es giebt auch Krystalle, welche durch Hülfe der mechanischen Theilung Theilchen von verschiedenen Figuren geben, die durch einander durch die ganze Strecke dieser Krystalle verbreitet sind.

Was nun die Gesetze betrifft, nach welchen die Grundmassen vereinigt waren, um die Arten von Bekleidungen um die primitive Form herum hervorzubringen, welche so regelmäßig begrenzt sind, so wählt Herr Haüy, um eine Vorstellung von diesen Gesetzen zu geben, folgendes einfache Beyspiel. Es stelle (fig. 9.) cp ein Dodecaeder vor, dessen Flächen gleiche und ähnliche Rauten sind; dieß Dodecaeder sey eine secundaire Form, die einen Würfel zum Kern oder zur primitiven Form hat. Man wird von der Stellung dieses Würfels leicht urtheilen können, wenn man die fig. 10. betrachtet, wo die kleinern Diagonalen dc, cg, gf, fd von vier Flächen des Dodecaeders, die um eine und dieselbe Ecke l vereinigt sind, ein Viereck cdfg bilden. Nun giebt es aber sechs Ecken, die aus dem Zusammenstoßen von vier Flächen entstehen, nämlich die Ecken l, o, e, n, r und p, und wenn man folglich durch die kleinern Diagonalen der Flächen, die zur Bildung dieser Ecken zusammenstoßen, Schnitte gehen läßt, so entblößt man nach und nach sechs Quadrate, welche die Flächen des primitiven Würfels sind, von welchen cdfg, abcd und bcgh drey vorstellen.

Dieser Würfel ist offenbar eine Anhäufung cubischer Grundmassen, und es muß auch jede Pyramide, wie ldcgf, die auf den Flächen des Würfels sitzt, ebenfalls aus Würfeln zusammengesetzt seyn, die unter

unter sich sowohl, als mit denen, welche den Kern bilden, ähnlich sind.

Man findet unter den Krystallen, die theils zum schwefelhaltigen Eisen, theils zum arsenikhaltigen Kobalt gehören, ein Dodecaeder, dessen Flächen gleiche und ähnliche Fünfecke sind, und deren Kern ein Cubus ist. Es giebt aber eine unendliche Menge möglicher Dodecaeder, die alle gleiche und ähnliche Fünfecke zu Flächen haben, und durch die respektiven Neigungen ihrer Fläche verschieden seyn können.

Läßt man diese Gesetze auf verschiedene andere Arten abweichen, so kann man eine Menge neuer Polyeder errichten, welche denselbigen Kern haben.

Die Abnahmen, welche mit den Rändern der Auffatzschichten parallel gehen, seyen nicht hinreichend, um alle Uebergänge der Krystalle zu erklären. Die Beobachtung zeige, daß es auch Abnahmen gebe, die parallel mit den Diagonalen geschehen.

So könne man sich vorstellen, daß die Auffatzschichten, anstatt um eine oder mehrere Reihen von Würfeln parallel mit der Kante abzunehmen, im Gegentheil parallel mit der Diagonale abnehmen; und man erhalte solchergestalt um einen cubischen Kern herum Solida von verschiedener Form, indem man nach und nach über die verschiedenen Flächen dieses Kerns Schichten errichte, die sich in Form von Pyramiden erheben, und die die Art der eben angezeigten Abnahme erleiden. Die Flächen dieser Solida werden nicht bloß simpel gestreift seyn, wie da, wo die Schichten parallel laufend mit den Kanten abnehmen. Sie werden vielmehr, wegen der hervorspringenden Ecken der zusammensetzenden Würfel, rauh, als eine nothwendige Folge der winklichten Figur der Rän-

der der Aufsatzschichten. Da aber alle diese Spitzen oder Punkte in einerley Ebene liegen, so kann man sich übrigens die Würfel so klein denken, daß die Flächen des Solidums eben so viele glatte und stetige Ebenen zu bilden scheinen. Herr Haüy sucht dieß durch ein Beyspiel deutlich zu machen.

Abnahmen an den Ecken nennt Haüy solche, welche parallel mit den Diagonalen entstehen, und Abnahmen an den Rändern oder Kanten diejenigen, welche die Kanten zur Linie der Abnahmen haben.

Alle Veränderungen, welche die Krystalle erleiden, geschehen nach den angeführten Gesetzen der Struktur und andern ähnlichen. Bald geschehen die Abnahmen zugleich an allen Rändern oder an allen Ekken, wie in dem Falle des Dodecaeders mit Rautenflächen, und des Octaeders. Bald finden sie nur an gewissen Rändern oder an gewissen Ecken statt. Bald geschehen die Abnahmen an den Rändern mit denen an den Kanten zugleich.

Es giebt gewisse Krystalle, bey welchen die Abnahmen an den Ecken nicht nach Linien geschehen, die parallel sind mit den Diagonalen, sondern nach solchen, welche parallel sind mit Linien, die zwischen diesen Diagonalen und den Rändern liegen. Dieß geschieht, wenn die Abnahmen durch doppelte, dreyfache u. s. Reihen von Grundmassen statt haben. Dieser besondern Gattung von Abnahmen giebt Haüy den Nahmen der Zwischenabnahmen.

Bey andern Krystallen wechseln die Abnahmen, sowohl die an den Rändern als die an den Ecken, nach Gesetzen ab, deren Verhältniß nur durch den Bruch $\frac{2}{3}$ oder $\frac{3}{4}$ ausgedruckt werden kann. Es kann

z. B.

z. B. kommen, daß jede Schicht die folgende um zwey Reihen, parallel mit den Kanten, übertrifft, und daß sie zugleich die dreyfache Höhe einer einzigen Grundmasse besitzt. Diese Gattung, welche eine neue Art von Ausnahmen von den einfachsten Gesetzen darbietet, nennt Haüy gemischte Abnahmen.

Diese Abnahmen, so wie die Zwischenabnahmen, existiren übrigens nur selten, und besonders hat sie Haüy bey gewissen metallischen Substanzen angetroffen. Als er versuchte, die gewöhnlichen Gesetze auf Varietäten von diesen Substanzen anzuwenden, so fand er so große Irrthümer in dem Werthe ihrer Winkel, daß er erst glaubte, sie entzögen sich der Theorie. Aber seit der Idee, dieser Theorie die gehörige Ausdehnung zu geben, gelangte er zu so genauen Resultaten, daß ihm kein Zweifel wegen der Existenz der Gesetze blieb, von welchen diese Resultate abhangen.

Wenn die Anzahl der abnehmenden Reihen sehr veränderlich wäre, wenn es z. B. Abnahmen von 12, 20, 30, 40 Reihen, u. s. w. gäbe, wie dergleichen allerdings möglich wäre, so würde die Menge der Formen, die bey jeder Gattung von Mineralien existiren könnte, unermeßlich seyn, und die Einbildungskraft zurückscheuchen. Aber die Kraft, welche die Subtraction bewirkt, scheint eine sehr begrenzte Thätigkeit zu haben. Am öftersten geschehen die Subtractionen um eine oder zwey Reihen von Grundmassen. Haüy hat noch keine bemerkt, die über vier Reihen gienge, und wenn eine solche existirt, so muß sie sehr selten in der Natur statt finden. Und ungeachtet dieser engen Grenzen, worin die Gesetze

der Krystallisation eingeschlossen sind, findet Haüy, wenn er sich bloß auf die beyden gewöhnlichsten Gesetze, d. h. auf diejenigen einschränkt, welche die Subtraction um eine oder zwey Reihen der Grundmassen hervorbringen, daß der Kalkspath 2044 verschiedener Formen fähig wäre, eine Anzahl, welche die der bekannten Formen mehr als 50mal übertrifft.

Die Streifen, die man auf der Oberfläche einer Menge von Krystallen antrifft, geben einen neuen Beweis zu Gunsten der Theorie, darin, daß ihre Richtungen immer mit den Rändern der hervortretenden Aufsatzschichten parallel laufen. Die Ungleichheiten, welche aus diesen Abnahmen entstehen, müßten nicht bemerklich seyn, wenn die Form der Krystalle immer die Vollkommenheit hätte, deren sie fähig ist. Dann würde wegen der außerordentlichen Kleinheit der Grundmassen die Oberfläche von einer schönen Glätte erscheinen, und die Streifen würden für unsern Sinn null seyn. Auch giebt es secundaire Krystalle, wo man sie auf keine Weise bemerkt, da sie hingegen auf andern Krystallen von derselben Natur und derselben Form sichtbar sind. Der letztere Fall rührt daher, daß die Action der Ursachen, welche die Krystallisation hervorbringen, nicht vollkommen alle die zur Vollendung dieser so delicaten Operation der Natur erforderlichen Bedingungen antraf, daß es bey ihrem Gange Unterbrechungen gab, so daß das Gesetz der Stetigkeit nicht vollkommen beobachtet wurde, und deshalb auf der Oberfläche des Krystalls unserm Auge bemerkbare Vacua blieben. Uebrigens sieht man, daß diese Arten von kleinen Abweichungen den Vortheil haben, daß sie die Richtungen anzeigen, nach welchen die Streifen auch auf

den

den vollkommenen Formen, wo sie sich unserm Gesicht entziehen, laufen, und daß sie solchergestalt dazu dienen, uns den wahren Mechanismus der Structur zu enthüllen.

Die kleinen Vacua, welche auf der Oberfläche der secundairen Krystalle, auch der vollkommensten unter ihnen, die Ränder der Aufsatzschichten durch ihre aus- und eintretenden Winkel lassen, liefern auch eine genugthuende Auflösung der Schwierigkeit, daß die durch die Theilung erhaltenen Bruchstücke, deren äußere Flächen Theile des secundairen Krystalls ausmachen, keinesweges denen ähnlich sind, die man aus dem Innern erhält. Denn diese Verschiedenheit, welche nur scheinbar ist, rührt daher, daß die Facetten aus einer Menge kleiner Ebenen zusammengesetzt sind, die wirklich gegen einander geneigt sind, aber wegen ihrer Kleinheit den Anblick einer einzigen Ebene darbieten, so daß, wenn die Theilung diese Grenzen erreichen könnte, sie alle diese Bruchstücke auf Grundmassen, die sowohl unter sich, als mit denen, welche näher gegen das Centrum liegen, ähnlich wären, zurückbringen würde.

Die Fruchtbarkeit der Gesetze, von welchen die Abänderungen der krystallinischen Formen abhängen, schränkt sich nicht bloß darauf ein, eine Menge verschiedener Formen durch dieselbigen Grundmassen hervorzubringen. Oft reihen sich auch Grundmassen von verschiedenen Gestalten so aneinander, daß daraus ähnliche Polyeder in verschiedenen Arten von Mineralien entspringen. So existirt das Dodecaeder mit Rautenflächen, das wir durch Verbindung cubischer Grundmassen erhalten, beym Granat in einer Structur,

tur, die aus kleinen Tetraedern mit dreyseitigen gleichschenklichten Flächen besteht, und Haüy fand sie auch im Flußspath, wo auch eine Anhäufung von Tetraedern, aber von regelmäßigen, d. h. von solchen ist, deren Flächen gleichseitige Dreyecke sind. Ja es ist möglich, daß ähnliche Grundmassen eine und dieselbe krystallinische Form durch verschiedene Gesetze der Abnahmen hervorbringen. Endlich hatte ihn der Calcül auf ein anderes Resultat geleitet, welches ihm noch merkwürdiger schien, daß nämlich zu Folge eines einfachen Gesetzes der Abnahme ein Krystall existiren kann, der dem Aeußern nach ganz dem Kerne, d. h. dem Solidum ähnlich ist, das von keinem Gesetze der Abnahme entspringt.

Herr Haüy hat gefunden, daß alle primitive Formen sich auf sechs zurückbringen lassen. Diese sind: das Parallelepipedum überhaupt, worunter der Würfel, die Rhomboide, und alle Solida begriffen sind, die durch sechs Flächen, wovon je zwey parallel sind, eingeschlossen werden; das regelmäßige Tetraedrum; das Octaedrum mit dreyeckigen Flächen; die sechsseitige Säule; das Dodecaedrum mit Rautenflächen, und das Dodecaedrum mit dreyseitigen gleichschenklichten Flächen.

Unter diesen Gestalten giebt es solche, die sich als Kern mit einerley Maas von Winkeln in verschiedenen Gattungen von Mineralien vorfinden. Man wird sich darüber weniger wundern, wenn man erwägt, daß diese Kerne in der letzten Instanz aus elementarischen Grundmassen bestehen, und daß es möglich ist, daß eine und dieselbe Gestalt des Kerns in einer Gattung durch solche, und in einer andern Gattung durch andere Elemente hervorgebracht werde,

de, die auf eine verschiedene Weise verbunden sind, so wie wir sehen, daß Grundmassen, die kubisch sind, und andere, die tetraedrisch sind, ähnliche secundaire Formen zu Folge verschiedener Gesetze der Abnahme hervorbringen. Besonders ist es aber der Aufmerksamkeit würdig, daß alle identische Formen, die bis jetzt als Kerne in verschiedenen Gattungen angetroffen worden sind, zu denen gehören, die einen eigenthümlichen Charakter von Vollkommenheit und Regelmäßigkeit besitzen, wie der Würfel, das regelmäßige Octaedrum, das regelmäßige Tetraedrum, das Dodecaeder mit gleichen und ähnlichen Rhomben. Diese Formen sind gewissermaßen Grenzen, zu denen die Natur auf verschiedenen Wegen gelangt, da hingegen jede Form zwischen diesen Grenzen nur Einer Gattung zukömmt, wenigstens so weit wir nach dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse urtheilen könnten.

Die primitive Form erhält man durch Durchschnitte, die gegen alle ähnliche Theile des secundairen Krystalls gemacht werden; und diese Durchschnitte parallel mit sich selbst fortgesetzt bringen dahin, die Form der Grundmassen zu bestimmen, wovon der ganze Krystall eine Anhäufung ist. Dieß sind die feinsten Punkte, welche des Herrn Haüy Theorie betreffen, und welche er auf folgende Art deutlich zu machen sucht.

Es giebt keinen Krystall, aus dem man nicht ein Parallelepipedum als Kern darstellen könnte, wenn man sich auf sechs Schnitte einschränkt, wovon je zwey parallel sind. Bey einer Menge von Substanzen ist dieß Parallelepipedum die letzte Grenze der mechanischen Theilung, und folglich der wahre Kern. Es

Es giebt aber gewisse Mineralien, wo dieß Parallelepipedum, so wie das übrige des Krystalls, durch weitere Durchschnitte in verschiedenen Richtungen seiner Flächen theilbar ist; und es entspringt daraus nothwendiger Weise ein neues Solidum, welches der Kern seyn wird, wenn alle Theile des secundairen Krystalls, die auf diesen Kern aufgesetzt sind, eine ähnliche Lage haben. Wenn die mechanische Theilung auf ein Parallelepipedum führt, das bloß durch Schnitte, die mit seinen sechs Flächen parallel sind, theilbar ist, so sind die Grundmassen Parallelepipeda, die dem Kern ähnlich sind. Aber in andern Fällen ist ihre Form von der des Kerns verschieden. Herr Haüy sucht dieß durch ein Beyspiel zu erläutern. Er fand, daß, auf welche Art man entweder den Würfel, oder die Rhomboide, oder das Octaeder weiter zertheilt, man immer Solida von zwey Formen erhält, nämlich Octaeder und Tetraeder, ohne jemals das Resultat der Theilung auf die Einheit zu bringen. Da aber die Grundmassen eines Krystalls nothwendig gleichartig sind, so schien es ihm wahrscheinlich, daß die Structur gewissermaßen eine Menge Zwischenräume enthalte, die theils durch Krystallwasser, theils durch eine andere Substanz ausgefüllt wären, so daß, wenn es uns verstattet wäre, die Theilung bis zu ihrer Grenze zu treiben, eine von den beyden Arten der Solida verschwinden, und der ganze Krystall sich als aus Grundmassen der andern Form zusammengesetzt zeigen würde.

Dieß sey um desto zuverlässiger, da jedes Octaeder von 8 Tetraedern und jedes Tetraeder gleichfalls von vier Octaedern umhüllt ist, und, welche von beyden Formen man auch in Gedanken unterdrückt, die Soli-

Solida, welche übrig bleiben, sich genau durch ihre Ränder an einander fügen, so daß in dieser Hinsicht Stetigkeit und Einförmigkeit in der ganzen Strecke der Masse entspringt.

Indessen hat Herr Haüy gefunden, daß in verschiedenen Mineralien gemischte Structuren vorkommen, welche in Ansehung der wahren Gestalt der Grundmassen eine Ungewißheit hervorbringen. Doch glaubt er beobachtet zu haben, daß das Tetraeder immer eines von den Solidis ist, die zur Bildung der kleinern Rhomboiden oder Parallelepipeden beytragen, welche man durch die erste Theilung aus dem Krystall erhält. Auf der andern Seite gebe es Substanzen, die bey der Theilung in allen möglichen Richtungen bloß und allein Tetraeder geben. Zu diesen gehört der Granat, die Blende und der Turmalin.

Endlich lassen sich mehrere Mineralien in gerade dreyeckte Prismen theilen. Dahin gehört der Apatit, dessen primitive Form ein gerades sechsseitiges Prisma ist, das parallel mit seinen Grund- und Seitenflächen getheilt werden kann, woraus nothwendig gerade Prismen mit drey Seitenflächen entspringen.

Wenn man daher das Tetraeder in zweifelhaften Fällen annimmt, so lassen sich nach Herrn Haüy alle Formen der Grundmassen überhaupt auf drey Formen zurückbringen, welche durch ihre Einfachheit merkwürdig sind, nämlich: das Parallelepipedum, welches das einfachste von allen Solidis ist, die je zwey Flächen parallel haben; das dreyseitige Prisma, welches unter allen Prismen das einfachste ist; und das Tetraeder, welches unter den Pyramiden die einfachste ist.

Ein

Ein wesentlicher Gegenstand ist es, daß die verschiedenen Formen, auf welche die gemischten Structuren leiten, so ausgewählt sind, daß ihre Anhäufung einer Summe kleiner Parallelepipeden gleichkömmt; und daß die auf dem Kern aufgesetzten Schichten nur eine oder mehrere Reihen dieser Parallelepipeden abnehmen, so daß die Theorie im Grunde unabhängig von der Wahl der einen oder der andern Form ist, die man durch die mechanische Theilung erhält.

Durch Hülfe dieses Resultats werden also die Abnahmen der Krystalle, wie auch ihre primitiven Formen beschaffen seyn mögen, auf diejenigen zurückgebracht, welche bey denjenigen Substanzen statt finden, wo diese Form, wie die ihrer Grundmassen, nicht weiter zu zerlegende Parallelepipeden sind, und die Theorie hat den Vortheil, ihr Objekt allgemein machen zu können, dadurch, daß sie die Menge von Thatsachen, die wegen ihrer Verschiedenheit keines Vereinigungspunkts fähig zu seyn scheinen, an eine einzige Thatsache knüpft.

Uebrigens bemerkt Herr Haüy, daß er bey allen dem, was er von den Abnahmen gesagt habe, welchen die Auffsatzschichten unterworfen sind, bloß die Absicht gehabt habe, die Gesetze der Structur zu entwickeln, und er sey weit entfernt zu glauben, daß in einem dodecaedrischen Krystalle oder in einem von jeder andern Gestalt, der z. B. einen Würfel zum Kern hätte, dieser Kern gleich von Anfang an so gebildet gewesen wäre, wie man ihn aus dem Dodecaeder erhält, und nachher durch successive Applikation aller der Auffsatzschichten, die ihn bedecken, zur Gestalt des Dodecaeders gelangt wäre. Es scheine vielmehr

mehr im Gegentheil erwiesen zu seyn, daß der Krystall gleich vom ersten Augenblick an schon ein kleines Dodecaeder ist, das einen für seine Kleinheit verhältnißmäßigen kubischen Kern einschließt, und daß in den folgenden Augenblicken der Krystall durch neue Schichten, die ihn von allen Seiten einhüllen, wächst, indem er immer dasselbige Verhältniß gegen das ganze Dodecaeder behält.

Auch hat Herr Haüy[g]) zur Bezeichnung der primitiven Formen und der Abnahmegesetze eine gewisse Art von algebraischer Zeichensprache gebraucht, welche die theoretischen Bilder der Krystalle sind.

Die fig. 11. stelle eine primitive Form (z. B. des Feldspaths) vor, A, E, O, I bezeichnen die vier Winkel der obern Fläche; sie fangen, wie gewöhnliche Schrift, oben an, und gehen von der Linken zur Rechten. Die sechs Consonanten B, C, D, F, G, H bezeichnen die Seiten der obern Basis und die Kanten der Seitenfläche, welche sich zuerst von der Rechten zur Linken darbietet. In der Mitte der obern Basis und der beyden Seitenflächen kommen die Buchstaben P, M, T, welches die Anfangsbuchstaben der Sylben pri-mi-tiv sind.

Da auf den entgegengesetzten analogen Seiten des Parallelepipedums dasselbe vorgeht was auf den bezeichneten geschieht, so ist es nur nöthig, diese mit Buchstaben zu bemerken. Ist man zuweilen genöthigt, auch die analogen Winkel und Ränder anzuzeigen; so wählt man dieselben Buchstaben im Kleinen.

Um

g) Traité de mineralogie. Tomes V. à Paris. 1801.

Um die Abnahme durch 1, 2, 3 u. s. w. Reihen in die Breite zu bezeichnen, bedient man sich der Zahlen 1, 2, 3 u. s. w.; um die Abnahmen in die Höhe auszudrucken, der Brüche $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$.

P, M, T bezeichnen nicht nur die Form des Kerns, sondern auch die Seitenflächen, die mit denen des Kerns parallel laufen, wenn die Abnahme nicht ihre Grenze erreicht.

Man setze nun, daß eine solide Ecke O durch eine additionelle Facette unterbrochen sey. Diese Abnahme kann oben auf der Basis P, oder rechts T, oder links M, statt finden. Im ersten Falle setzt man dem zu Folge die Ziffer oben, im zweyten rechts, im dritten Falle links des Buchstabens. $\overset{2}{O}$ bezeichnet demnach die Wirkung einer Abnahme zweyer Reihen in der Breite, dem Durchschnitt der Basis P parallel, der den Winkel E durchschneidet; O^3 Wirkung einer Abnahme dreyer Reihen in der Breite, der Diagonale der Fläche T parallel, die durch den Winkel I geht; ${}^4O$ Wirkung einer Abnahme von vier Reihen, der Diagonale der Fläche M parallel, welche den Winkel E durchschneidet. Um die andern Winkel zu beschreiben, verfährt man eben so, indem man sich immer den Beobachter der Spitze gegenüber denkt.

Auf ähnliche Weise bezeichnet man die Abnahme der Seiten. $\overset{2}{D}$ bezeichnet z. B. eine Abnahme zweyer Reihen gegen C; $\overset{3}{C}$ eine Abnahme dreyer Reihen gegen D über u. s. w. ${}^4G$ eine Abnahme von vier Reihen gegen H zu. Braucht man die kleinern Buchstaben, so muß man sich die Krystalle mit der hin-

hintern Basis nach oben zu denken; $\underset{3}{C}$ würde eine Abnahme dreyer Reihen von sp gegen EO bezeichnen.

Wenn derselbe solide Winkel oder derselbe Rand viele hinter einander folgende Abnahmen von denselben oder von verschiedenen Seiten erleidet, so wiederholt man den Buchstaben. $\overset{2}{D}\underset{3}{D}$ z. B. bezeichnet zwey Abnahmen auf der Kante D, eine von zwey Reihen auf der Basis P, die andere von drey Reihen an der Fläche M.

Die vermischten Abnahmen bezeichnet man mit Brüchen $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, wobey der Zähler stets die Abnahme in die Breite, der Nenner die Abnahme in die Höhe bezeichnet.

Die Zwischenabnahmen bezeichnet man folgender Maaßen (fig. 12.): A, E, O, I bedeute dieselbe Fläche, welche in fig. 11. damit bezeichnet ist. Ist xy eine Zwischenabnahme, so schreibt man $(\overset{1}{O} D^1 F^2)$; die Parenthesen bezeichnen das Intermediäre, $\overset{1}{O}$ bezeichnet die Abnahme einer Reihe auf der obern Basis, und $D^1 F^2$, daß, während D eine Abnahme von einer Reihe Theilchen erleidet, zwey Reihen längst der Seite F entzogen sind. Mit Worten ausgesprochen hieße O^2, ^3O: zwey rechts O, drey links O. $(\overset{1}{O} D^1 F^2)$ ließt man: in Parenthese, O unter Eins, D eins, F zwey.

Herr Haüy verfolgt die Methode genauer ins Detail, damit man leicht beschreiben könne. Be-

schränkte sich jemand bloß auf das Lesen der Zeichen, so bedarf er nur folgender Regeln:

1. Alle Vocale bezeichnen einen soliden Winkel (Ecke), und alle Consonanten den Rand, jedesmal der Seite, die auf dem Kern angezeigt ist.

2. Jeder Vocal und Consonant hat Ziffern, deren Werth und Stellung die Summe und die Richtung der Abnahme bezeichnet, die der Winkel oder die Seite erleidet. PMT bezeichnen, daß der Krystall mit der Fläche, die diese Buchstaben bezeichnen, parallel läuft.

3. Jeder Buchstabe mit seinem Zeichen bedeutet zugleich alle Winkel und Ränder des Krystalls, die mit dem bezeichneten gleiche Funktionen haben.

4. Jede Zahl bezeichnet die Summe der Abnahme, die vom Winkel oder Rand ausgeht, in die Breite, aber nur von einer Schicht integrirender Theilchen. Wenn man einen Bruch wahrnimmt, so bedeutet der Zähler die Abnahme in die Breite, und der Nenner die in die Länge.

5. Oben, unten, rechts und links des Buchstabens, bedeutet die Zahl die Richtung der Abnahme nach einer der Seiten.

6. Wenn ein Buchstab doppelt mit Zahlen auf beyden Seiten vorkommt, z. B. B. ²AA², G²²G u. s. w. so muß man die Winkel oder Seitenabnahmen auf beyden Seiten darunter verstehen;

7. Wenn ein Buchstabe zu beyden Seiten Ziffern hat, z. B. 3G3, so bedeutet es, daß es einerley sey, auf welche von beyden Seiten die Abnahme geschehe. Dasselbe gilt von den Winkeln.

8.

8. Die Parenthese $(\overset{3}{O}D.F2)$ bedeutet Zwischenabnahme.

9. Jeder kleine Buchstabe bedeutet den Winkel oder den Rand, der diametrisch dem mit großen Buchstaben bezeichneten entgegengesetzt ist. Der Buchstabe e, der stets auf den Rhomboiden sich befindet, bedeutet den entgegengesetzten Winkel dessen, der den Buchstaben E führt;

10. Wenn ein Zeichen zwey gleichnamige Buchstaben verschiedener Größe enthält, so bedeutet es, daß die beiden bezeichneten Ränder oder Winkel ausschließlich Abnahme erleiden.

11. Jeder große oder kleine Buchstabe, der eine Ziffer mit einem o hat, zeigt, daß die Abnahme des Winkels oder des Randes o ist.

Zu den unbestimmbaren Krystallen rechnet Herr Haüy die linsenförmigen, cylindrischen, nadelförmigen, die gestreiften, fibrösen und gestaltlosen überhaupt.

Die Concretionen begreifen alle coagulirte oder zum Gestehen gebrachte Substanzen. Zu diesen gehören

1. die Stalaktiten; Körper, die sich an den Gewölben der Hölen bilden, und die Stalagmiten, die von dem Falle einer Flüssigkeit auf dem Boden entstehen.

2. Incrustationen, Tuff, Sinter, die sich an oder um irgend einen Körper ansetzen; Geoden, die in sich einen Kern enthalten.

3. Pseudomorphosen, Gestalten, die ein falsches irreführendes Ansehen haben. So findet man viele versteinerte Conchylien, petrificirtes Holz, Abdrücke

von Moos und Farrenkräutern, welche auch Versteinerungen genannt werden.

Da bisher die Lehre von den chemischen Verwandtschaften immer noch sehr vielen Zweifeln unterworfen war, und selbst der berühmte Fourcroy alle Theorien der Affinität für bloße Hypothesen erklärte, weil alle Data dazu fehlten, wir die meßbaren Eigenschaften der kleinsten Theilchen, auf welche die Anziehung wirke, nicht kennten und kein Mittel besäßen, ihren Umfang, ihre Gestalt, ihre Oberfläche, ihre relative Schwere, ihren Abstand von einander zu bestimmen, und sie in den verschiedenen einfachen oder unzerlegbaren Körpern, deren Gewebe und Natur von ihnen abhange, unter einander zu vergleichen, so unternahm es Herr Berthollet, neue Untersuchungen über diesen wichtigen Gegenstand anzustellen, welche in den IIIten Band der Mémoires der Classe der mathematischen und physischen Wissenschaften des National-Instituts eingerückt sind. Herr Bergmann und Andere betrachteten die Affinitäten als constante und absolute Kräfte, bey welchen es nicht auf das Verhältniß ankomme, in welchem eine Materie angewandt werde. Herr Berthollet bemüht sich dagegen, zu zeigen, daß in allen Zusammensetzungen und Trennungen, welche eine Wirkung der Wahlverwandtschaft sind, allezeit eine Theilung des Gegenstandes A, auf welchen die Verwandtschaftskräfte der Materien B und C gerichtet sind, statt finde, so daß man diese beyden Substanzen, welche auf die Verbindung A hinwirken, gleichsam als zwey entgegengesetzte Kräfte betrachten kann, die, während sie gegenwärtig sind, den Gegenstand der Vereinigung im Verhältnisse ihrer Intensität unter einander theilen,

len, welche Intensität nicht bloß von der Energie ihrer Verwandtschaft, sondern auch von ihrer Quantität abhängt, so daß, wenn man die Quantität abändert, man einen andern Effekt erhält, und die Quantität die Stärke der Affinität ersetzen kann, um denselben Grad von Sättigung hervorzubringen.

Nach Berthollet ist Masse die Quantität, so fern sie der Maaßstab der Sättigungs-Capacität verschiedener Substanzen ist, und die chemische Aktion einer Substanz ist proportionirt der Quantität, die nothwendig ist, um einen bestimmten Grad von Sättigung hervorzubringen. In dieser Hinsicht kann man auch das Produkt aus der Gewichtsmenge eines Stoffs in seine chemische Verwandtschaftskraft die Masse desselben nennen, und den obigen Satz so ausdrucken, daß sich A, als der Gegenstand der Verbindung zwischen B und C, im Verhältnisse ihrer chemischen Massen theile.

Versuche, welche beweisen, daß in den einfachen Wahlverwandtschaften einander entgegengesetzte Substanzen diejenige, welche der Gegenstand der Verbindung ist, unter sich theilen, sind diese: 1. die schwefelsaure Schwererde wurde zum Theil durch die kaustische Potasche zersetzt; 2. die schwefelsaure Potasche wurde jedoch nur in geringem Grade durch den Kalk zersetzt; 3. der kleesaure Kalk wurde zum Theil durch die Salpetersäure zersetzt; 4. der kleesaure Kalk wurde zum Theil durch die kaustische Potasche zersetzt; 5. der phosphorsaure Kalk wurde größtentheils durch die kaustische Potasche zersetzt. In allen diesen Fällen wurde der zersetzende Körper in einem größern Verhältnisse angewandt. Merkwürdig war es, daß die abgetrennte Substanz, die

 nie

nie im Stande war, den zugesetzten zersetzenden Körper vollkommen zu sättigen, immer nur mit einem Theile dieses Körpers zu einer neutralen Verbindung sich vereinigte, während der größere Theil gleichsam ungesättigt blieb. 6. Bey Anwendung gleicher Theile kaustischer Potasche und kohlensauren Kalks wurde ein Theil dieses letztern zersetzt. 7. Die schwefelsaure Potasche wurde zu einem großen Theile von der Soda zersetzt.

Wenn eine Verbindung zersetzt werden soll, so nimmt die Wirkung der zersetzenden Materie ab in dem Verhältnisse, in welchem sie sich der Sättigung nähert; dagegen nimmt die Wirkung der ausgeschiedenen Substanz in dem Verhältnisse zu, als ihre Quantität größer wird, und die Zersetzung dauert nur so lange, bis die einander entgegengesetzten Kräfte in einen Zustand von Gleichgewicht gelangt sind.

Hiernächst führt Berthollet Beobachtungen an, welche das Princip der chemischen Wirkung im Verhältnisse der Massen bestätigen. So kann man z. B. die kohlensaure Potasche durch kaustischen Kalk nie ganz ihrer Kohlensäure berauben. Der abgerauchten Lauge kann man aber nun durch eine schwache Verwandtschaft denjenigen Theil des Laugensalzes entziehen, der zur Constitution der kohlensauren Potasche überflüssig ist, d. h. die ganze Portion, welche nicht durch eine hinlängliche Masse der Kohlensäure geschützt ist. Dieß leistet der Weingeist. Umgekehrt kann man aber auch durch immer wieder erneuerten Zusatz der kaustischen Potasche den kohlensauren Kalk zersetzen. Die ganze Verschiedenheit der Resultate würde in den Quantitäten der einen und der andern Substanz bestehen, welche man anwenden müßte, um einen entgegengesetzten Effekt hervorzubringen.

So

So ist es auch mit dem phosphorsauren Kalke; er wird von der Schwefelsäure nicht vollkommen zersetzt, sondern bloß in säuerlichen phosphorsauren Kalk verwandelt, der überdieß nicht immer von gleichem Grade der Uebersäurung ist. Eben so hält die Alaunerde, die doch nur eine geringe Verwandtschaft hat, bey ihrer Niederschlagung aus dem Alaun immer einen Theil der Schwefelsäure und des Laugensalzes zurück, und wenn man den Ueberschuß an Alaunerde in einer Säure auflößt, so erhält man durch Krystallisation wahren Alaun. Wenn man daher in einer Analyse eines Minerals die Alaunerde niederschlägt, so ist das Quantum, das man erhält, nie das reine Quantum von Alaunerde, sondern man muß davon die beygemischte Säure, so wie das Laugensalz, abziehen.

Das bisher aufgestellte Princip kann in seinen Anwendungen durch die verschiedenen Eigenschaften der Körper verschiedentlich modificirt werden. Eine solche Modifikation kann nach Berthollet besonders von der Unauflöslichkeit der Substanzen herrühren. Wenn die Substanz unauflöslich ist, so ist ihre Wirkung nur geringe; denn nur die Berührungspunkte setzen ihre Wirkung dem Widerstande der flüssigen Theile entgegen, welche sich in der Sphäre der Wirksamkeit befinden, und während dessen nimmt der Widerstand der Flüssigkeit in dem Verhältnisse zu, in welchem die Zersetzung fortschreitet. Wenn ein Körper nur wenig auflöslich ist, so wird seine Wirkung durch die Verdoppelung seiner Quantität darum nicht verdoppelt, denn es wird verhältnißmäßig nicht mehr aufgelößt. Wenn bey der Trennung einer Verbindung die abgetrennte Substanz niedergeschlagen wird, so braucht man bis ans Ende die Quantität des Niederschlagungsmittels nicht zu vermehren, man hat gerade

rade so viel von diesem nöthig, als zur Niederschlagung überhaupt erforderlich ist, weil sich die niedergeschlagene Materie der chemischen Wirkung entzieht; ganz anders verhält sich die Sache, wenn die abgetrennte Materie flüssig wird, weil alsdann ihre Wirkung mit ihrer Quantität zunimmt, während die Wirkung des Niederschlagungsmittels durch seine Sättigung abnimmt. Dieß ist besonders dann der Fall, wenn die Substanz, welche man einer Verbindung entgegensetzt, wenig auflöslich ist. Wenn eine Substanz unauflöslich ist, und folglich nur in den wenigen Punkten der Berührung die Wirkung erfährt, so sieht man leicht ein, daß es nicht die wägbare Quantität der flüssigen Substanz, sondern ihre Concentration ist, was die Wirkung bestimmt, welche sie hervorbringt, oder die Masse, mit welcher sie in der Sphäre der Wirksamkeit wirkt.

Ferner kommt die Cohäsion der kleinsten Theilchen ebenfalls noch sehr in Betrachtung, wie fern sie der Aeußerung der chemischen Verwandtschaft zu den fremdartigen Theilen, welche sich mit ihnen verbinden wollen, entgegen wirkt, dergestalt, daß das Resultat nicht von der Kraft allein abhängt, welche in der Sphäre der Wirksamkeit die Flüssigkeit und die festen Theile ausüben, sondern auch von dem Verhältnisse dieser Kraft zur Kraft der Cohäsion. Auch die Krystallisationskraft, welche die Krystallisation in einer salzigen Auflösung erzeugt, bestimmt die Grenze der Sättigung mit diesem Salze, zu welcher das Wasser gelangen kann, dergestalt, daß wenn das Wasser keine größere Quantität davon auflößt, dieß nicht daher rührt, daß seine Verwandtschaft für dasselbe befriedigt ist, sondern daher, daß diese Verwandtschaft

schaft nicht mehr stark genug ist, den Widerstand der Krystallisation zu überwinden. Von der Krystallisationskraft hängt es ab, daß in einer Auflösung, in welcher ein Uebermaaß von Säure oder Laugensalz ist, sich doch ein neutrales Salz bildet; doch muß dieses Uebermaaß nicht zu groß seyn, denn die Krystallisation hält nicht inne, sobald sich ein Gleichgewicht zwischen diesen Kräften eingestellt hat. Uebrigens ist die Krystallisationskraft in den verschiedenen Salzen sehr verschieden. Was man ausgeschieden oder frey in einer Verbindung nennt, ist es in der That nicht; dieser Ausdruck zeigt bloß an, daß diese Substanz für einen bestimmten Punkt der Sättigung überflüssig geworden ist, und daß sie durch eine schwache Verwandtschaft abgetrennt werden kann. Die Niederschläge können in gewisser Hinsicht als schleunig erfolgende Krystallisationen betrachtet werden. Die Cohäsionskraft muß der chemischen Wirkung einer Substanz auf eine doppelte Art entgegen seyn: 1. weil sie sich ihrer auflösenden Wirkung entgegensetzt; 2. weil sie eine Abtrennung wieder hervorzubringen strebt. Wenn eine Substanz eine große Neigung hat, den festen Aggregatzustand anzunehmen, indem sie sich mit einer andern in gewissen Verhältnissen verbindet, so wird sie sich in diesem Zustande der Verbindung, ohne daß hiebey die Wahlverwandtschaft im Spiel wäre, abtrennen, und es wird im flüssigen Zustande nichts bleiben, als diejenige Quantität, deren Cohäsionskraft durch die Wirkung der Flüssigkeit überwunden werden kann.

Auch die Elasticität der Substanzen, welche eine chemische Wirkung ausüben, ist eine den Verwandtschaften der flüssigen Körper entgegengesetzte Kraft. Um eine

eine Substanz abzutrennen, welche in elastischer Form entweicht, braucht man von der Substanz, welche die Zersetzung bewirkt, nicht mehr, als gerade nothwendig gewesen wäre, die Verbindung, in welche sie eingeht, unmittelbar zu bilden, denn die entweichende Substanz wirkt nicht durch ihre Masse zurück. Dieß findet nun seine Anwendung

1. auf die Kohlensäure, die von allen Basen abgetrennt wird, und selbst durch Säuren abgetrennt werden könnte, welche eine schwächere Verwandtschaft haben.

2. auf die Salzsäure, wenn sie durchs Wasser zurückgehalten wird, z. B. bey der Abtrennung aus trockenem Kochsalze durch concentrirte Schwefelsäure.

3. auf das Ammoniak.

Auch zwischen der Schwefelsäure und der feuchten Luft geschieht eine Theilung; die concentrirte Schwefelsäure zieht so lange Wasser an, bis ein Gleichgewicht eingetreten ist.

Die Elasticität bringt also Wirkungen hervor, die denjenigen der Cohäsionskraft analog sind, indem sie auf eine entgegengesetzte Art die Wirkungen der einer jeden Substanz eigenthümlichen Verwandtschaften modificirt.

Noch weiter wirkt die Wärme als eine der Affinität entgegengesetzte Kraft. Wenn die Substanzen gleich feuerbeständig, aber nicht flüssig sind, so vermehrt die Wärme ihre wechselseitige Wirkung, indem sie die Cohäsionskraft, die selbst zwischen den Theilen einer Flüssigkeit statt findet, vermindert. Wenn Eine Substanz unter zweyen, die einander entgegengesetzt waren, eine viel größere Dilatation durch die Wär-

Wärme annehmen kann, so wirkt die Wärme als eine der Affinität, welche sie mit der andern Substanz verband, entgegengesetzte Kraft. Auch erfolgen Zersetzungen bey hohen Temperaturen, die bey niedrigen erfolgt wären, wenn ein Unterschied der Flüssigkeit zwischen den verschiedenen Substanzen statt findet. Wenn auf der einen Seite die Erhöhung der Temperatur der Wirkung der elastischen Substanzen auf die fixen schadet, so ist ihre Erniedrigung dieser Wirkung günstig. So lößt das Wasser mehr Kohlensäure bey einer niedrigen als bey einer hohen Temperatur auf, und es ist wahrscheinlich, daß man sehr von einander abweichende Resultate erhalten würde, wenn man die Wirkung der Salzsäure mit derjenigen der Schwefelsäure, die Wirkung des Ammoniaks mit derjenigen der Potasche in einem Zwischenraume von 20 Graden mit einander vergliche. Selbst zwischen den Theilen eines elastischen Fluidums findet Cohäsionskraft statt, was man daraus erkennt, daß diese Theile auf eine gleichförmige Art die Substanzen, welche sie auflösen, unter einander theilen, denn diese Theilung kann nicht ohne wechselseitige chemische Anziehung geschehen, und dieß constituirt die Cohäsionskraft. Die Wärme begünstigt die Verbindung zweyer Substanzen in der Verglasung, sie wirkt mit der wechselseitigen Verwandtschaft dieser Substanz zusammen; daher kommt es, daß diejenigen, welche isolirt der Schmelzung widerstanden hätten, unter einander gemengt flüssig werden.

Unter dem Ausdrucke Beschlag versteht Herr Berthollet die Eigenschaft, sich über die Masse zu erheben, welcher eine Substanz einverleibt war, und sich dadurch der chemischen Wirkung zu entziehen.

Der

Der Beschlag wirkt wie der Niederschlag. Er bewirkt, daß durch den Kalk das Kochsalz zersetzt, und die Soda, welche als Beschlag sich auf die Oberfläche absetzt, abgetrennt werden kann. Um eine vollkommene Zersetzung zu bewirken, müßte man auch die salzsaure Kalkerde abtrennen können. Eben so wird die schwefelsaure, salpetersaure, salzsaure Soda durch das Eisen zersetzt; die Efflorescenz der Soda ist hier die vermittelnde Kraft. Ueber die Salze, deren Basis Potasche ist, hat daher das Eisen keine Gewalt.

Was die Auflösungsmittel betrifft, so wendet man diese hauptsächlich darum an, um den Widerstand zu überwinden, welcher von der Cohäsion der Theile, welche man in Wechselwirkung mit einander setzen will, oder von ihrer Elasticität herrührt, und ihre wechselseitige Berührung zu vermehren. Alles, was von den chemischen Verbindungen angeführt wurde, findet hier ebenfalls seine Anwendung. Wenn ein Niederschlag erfolgt, welcher sich nur eine sehr geringe Menge Wassers aneignet, so schwächt das Wasser, das sich nun in größerm Verhältnisse mit den Substanzen findet, welche aufgelößt bleiben, ihre Cohäsionskraft; es wirkt mit der entgegengesetzten Kraft zusammen, um das Präcipitat zu hindern, sich zu bilden, deßwegen wird in den Präcipitationen, wo viel Wasser mitwirkt, der Effekt der Präcipitation nur vollkommen durch das Kochen oder die Verdunstung, welches seine Quantität vermindert. Wenn von den zwey Bestandtheilen einer Zusammensetzung, welche eine schwache Verwandtschaft gegen einander haben, der eine sehr auflöslich, der andere wenig auflöslich im Wasser ist, so bewirkt eine große Menge Wassers eine Abtrennung, es lößt den auflöslichen

Theil

Theil auf, der etwas von der unauflöslichen Substanz mit in die Auflösung bringt, während der unauflösliche Theil ebenfalls einen kleinen Theil der auflöslichen Substanz zurückbehält. So wirkt eine große Menge Wassers auf das schwefelsaure Quecksilber, ein Theil der Schwefelsäure vereinigt sich mit dem Wasser, und hält etwas Quecksilberoxyd aufgelößt, ein großer Theil dieses Oxyds fällt nieder, und hält einen Theil der Schwefelsäure zurück. Gießt man auf das erste Präcipitat Wasser, so entzieht ihm dieses etwas von seiner Säure, welche eine kleine Portion Oxyd zurückhalten wird. Ein Grundsatz, der mannigfaltige Anwendung zuläßt, ist folgender: das Auflösungsmittel läßt sich in jedem Verhältnisse mit der Substanz, welche es auflößt, finden, wenn diese ihm keine hinreichende Kraft entgegensetzen kann; aber sobald dieser Widerstand dem, was noch von auflösender Kraft übrig ist, gleich ist, so bilden sich zwey Verbindungen, deren Kräfte einander das Gleichgewicht halten.

Wenn man zwey Metalle zusammenschmilzt, welche respektive wenig Verwandtschaft zu einander haben, so erhält man zwey Versetzungen in verschiedenen Verhältnissen. So geben Zink und Bley zwey Verbindungen, wenn sie in gewissen nicht sehr ungleichen Verhältnissen zusammengeschmolzen werden; nämlich eine, worin viel Zink und wenig Bley, die andere, worin viel Bley und wenig Zink sich findet.

Ferner redet Herr Berthollet von der Bestimmung der Wahlverwandtschaften. Die Wahlverwandtschaft zweyer Substanzen gegen eine dritte bestimmen, heißt angeben, in welchem Verhältnisse diese dritte Substanz ihre Wirkung zwischen die zwey

erstern

erstern theile, und bis zu welchem Grade von Sättigung jede derselben gelange, wenn sie einander ihre Kräfte entgegensetzen. Bey gleichen Quantitäten würde der comparative Grad der Sättigung das Maaß der respektiven Verwandtschaften abgeben. Unter Sättigung versteht Berthollet nicht die absolute Sättigung, wo jede gegenseitige Wirkung aufhören würde, sondern einen Grad von Sättigung, welcher leicht zu erkennen ist, und welcher allen Verbindungen gemeinschaftlich zukömmt; es ist derjenige der Neutralisirung, wo von keinem der Bestandtheile die Eigenschaften herrschend sind. Der Betrachtung zu Folge, daß die Verwandtschaft durch die Quantität ersetzt werden kann, scheint es hinreichend zu seyn, die Sättigungscapacitäten der verschiedenen Basen für eine Säure, oder der verschiedenen Säuren für eine Basis zu erkennen, um das Verhältniß ihrer Verwandtschaft zu bestimmen; denn sie müßte in dem umgekehrten Verhältnisse der zur Hervorbringung des nämlichen Grades von Sättigung nöthigen Quantitäten stehen. Dieß ist aber falsch, weil, wenn man zwey Substanzen in Concurrenz mit einer dritten bringt, neue Kräfte ins Spiel kommen.

Hierauf führt Herr Berthollet einige Irrthümer an, welche von einer falschen Idee von Wahlverwandtschaft herrühren. Er sucht hier vorzüglich die in der Erklärung mancher scheinbaren Verwandtschafts-Anomalien liegenden aufzudecken; z. B. in der Erklärung der Zersetzung der schwefelsauren Potasche durch schwächere Säuren aus dem großen Hange der Schwefelsäure, eine säuerliche schwefelsaure Potasche zu bilden, u. s. w.

In

In Ansehung der zusammengesetzten Verwandtschaften beruht Bergmann's Erklärung von dem Mechanismus der doppelten Wahlverwandtschaften ebenfalls auf der unrichtigen Idee, daß die Affinitäten constante Kräfte sind, unabhängig von den Quantitäten und dem Zustande der Sättigung. Wenn man die zwey Salze, schwefelsaure Potasche und salzsauren Kalk, mit einander verbindet, so bildet sich nicht, wie Bergmann und Andere mit ihm glaubten, salzsaure Potasche und schwefelsaurer Kalk, sondern es wird eine Verbindung von Potasche, Kalk, Schwefelsäure und Salzsäure eintreten, welche den nämlichen Grad von Sättigung als vor der Vermischung zeigen wird. Denn man bemerkt weder vorstechendes Laugensalz noch vorstechende Säure, was doch der Fall seyn müßte, wenn ein Austausch der Bestandtheile eingetreten wäre. Was eigentlich den Niederschlag bewirkt, ist eine neue Kraft. Wenn nämlich die Menge Wassers nicht groß ist, so erfährt der Kalk in der Berührung, in welcher er sich mit der Schwefelsäure befindet, die Wirkung der Cohäsionskraft in einem höhern Grade als die Potasche. Dieß ist folglich eine neue Kraft, welche zu denjenigen, welche schon existirten, hinzugekommen ist; sie muß die Verbindung der Schwefelsäure mit dem Kalk, so wie zugleich die Niederschlagung dieser neuen Verbindung entscheiden. Indessen haben noch mehrere Umständeauf das Resultat der zusammengesetzten Verwandtschaften Einfluß, z. B. die Bildung eines dreyfachen Salzes. Auch die Wärme modificirt dieß Resultat. Wenn in dem Gemische eine flüchtige Säure und eine flüchtige Basis sind, so wird bey der Erwärmung die Verbindung der flüchtigen Säure mit der flüchtigen Basis erfolgen, und diese sich sublimi-

 ren.

ren. Auch die Efflorescenz übt ihren Einfluß aus, und kann eine Verbindung bestimmen, die mit dieser Eigenschaft begabt ist.

In den zusammengesetzten Verwandtschaften bildet sich folglich ein anderer Grad von Sättigung nicht anders, als nach Maaßgabe der Verbindungen, welche sich abtrennen können, und die Kraft der Cohäsion und Elasticität bringt hier ihre Wirkung vollständiger, als in den einfachen Wahlverwandtschaften hervor.

Was die Niederschlagung der metallischen Auflösungen durch andere Metalle betrifft, so behalten die Metalle, welche im Zustande eines Oxyds durch alkalische und erdigte Basen niedergeschlagen werden, gewöhnlich einen Theil der Säure und selbst der niederschlagenden Basis zurück. Bey der Niederschlagung durch ein anderes Metall sollte eigentlich eine Theilung des Sauerstoffs zwischen beyden Metallen erfolgen, aber gewöhnlich wird das eine Metall in metallischer Gestalt niedergeschlagen. Die edlen Metalle und das Quecksilber haben wenig Verwandtschaft zum Sauerstoffe; die Wärme, indem sie das Quecksilber ausdehnt, vermindert hinlänglich die Kraft der gegenseitigen Verwandtschaft zwischen seinen Theilen, um eine Verbindung derselben mit dem Sauerstoffe zu determiniren, und ein noch höherer Grad der Wärme reicht durch den Unterschied der Ausdehnung, welche er in dem Quecksilber und in dem Sauerstoffe hervorbringt, zu ihrer Trennung hin. Wenn die Cohäsionskraft in dem Quecksilber hinreicht, seine Oxydirung zu verhindern, so wird eben diese Kraft zu seiner Entoxydirung mit der Wirkung eines Metalls, welches geradezu auf den Sauerstoff wirkt, zusammen wir-

wirken können. Es ist eine Kraft, welche der die Krystallisation und die Niederschläge bewirkenden analog ist. Bey der Niederschlagung eines Metalls durch ein anderes kommt die wechselseitige Verwandtschaft der Theile des erstern Metalls, unter einander sowohl als für die Theile des andern Metalls, in Betracht. Bey der Niederschlagung des Quecksilbers aus seinen Auflösungen durch eine Kupferplatte verbindet sich das Quecksilber mit dem Kupfer; wendet man dagegen Eisen an, so erfolgt die Niederschlagung erst nach einigen Stunden, und zwar mehr im Zustande eines Oxyds als im metallischen Zustande. Man sieht hieraus deutlich, daß die bloße Verwandtschaft des präcipitirenden Metalls zum Sauerstoffe nicht die Ursache der Niederschlagung seyn kann; denn das Eisen hat eigentlich eine größere Verwandtschaft zu diesem Sauerstoffe, als das Kupfer, und doch ist die Niederschlagung des Quecksilbers nur so unvollkommen.

Endlich handelt Herr Berthollet von der resultirenden Verwandtschaft. Hierunter versteht er diejenige, deren Wirkung aus mehreren Verwandtschaften in der nämlichen Substanz hervorgeht, und gleichsam resultirt. So ist z. B. die Salpetersäure zusammengesetzt aus Stickstoff und Sauerstoff. Wenn sich daher diese Säure mit der Potasche verbindet, so wirkt sie auf die Potasche mit einer Verwandtschaft, welche aus jener des Stickstoffs und des Sauerstoffs resultirt. Umgekehrt wirkt die Potasche auf den Sauerstoff und Stickstoff. Durch Annahme dieses Princips lassen sich mehrere Erscheinungen erklären. Die Elementarverwandtschaften müssen nothwendig in der resultirenden Verwandtschaft modificirt werden.

1. Die resultirende Verwandtschaft muß eine geringere Kraft, als ihre elementarischen Verwandtschaften seyn, wiefern diese bereits eine Art von Sättigung erfahren haben.

2. Wenn eine der Substanzen, welche sich verbinden, aus dem festen in den flüssigen Zustand übergeht, so erlangt sie die Vortheile, welche den Auflösungsmitteln zukommen, und ihre durch den festen Zustand versteckte Verwandtschaft wird wirksam in der resultirenden Verwandtschaft, wie z. B. die Verwandtschaft des Schwefels zum Sauerstoffe im Schwefelalkali. Die Wirkung des Schwefels ist in der That um alle diejenige vermindert, welche er auf die Potasche und das Wasser ausübt, welches der Schwefelleber zum Auflösungsmittel dient; aber er gewinnt weit mehr durch den Flüssigkeitszustand, welchen er erhält, als er durch diese Sättigung verliert. Strenge genommen wirken alle Substanzen, deren Festigkeit durch ein Auflösungsmittel überwunden worden ist, durch eine resultirende Verwandtschaftskraft.

3. Die entgegengesetzte Veränderung bringt den entgegengesetzten Effekt hervor. Wenn die Substanzen durch ihre Verbindung fest, oder geneigter zur Krystallisation werden, so setzt dieser Umstand etwas zu dem Verluste an Verwandtschaftskraft, welcher schon von der Sättigung herrührt, hinzu. Die Potasche und die Salpetersäure sind auflöslich im Alkohol, die salpetersaure Potasche ist es aber nicht; dieß rührt daher, daß die Cohäsionskraft, welche dieser Verbindung zukommt, und welche die Krystallisation bewirkt, die elementarischen Verwandtschaften in der resultirenden Verwandtschaft modificirt hat.

4. Da

4. Da die Körper im Verhältniß der Menge, welche sich in der Sphäre der Wirksamkeit finden kann, wirken, so folgt daraus, daß aus einer Verbindung eine viel stärkere Wirkung, als diejenige der zusammensetzenden Bestandtheile ist, hervorgehen kann, wenn beyde Bestandtheile, oder einer von ihnen, aus dem elastischen in den flüssigen Zustand übergehen. So ist die Wirkung der Potasche auf den Stickstoff und Sauerstoff in der Salpetersäure größer, als auf dieselben, wenn sie als isolirte Gasarten erscheinen.

5. Die Verwandtschaft einer Substanz, welche eine Verbindung mit einer zusammengesetzten Substanz eingeht, wirkt mit den elementarischen Verwandtschaften von dieser zusammen, um die Zusammensetzung gegen die Wirkung der fremdartigen Substanzen im Verhältnisse der Sättigung, welche sie bewirkt, zu behaupten. So entzieht das Eisen zwar der Salpetersäure ihren Sauerstoff, ist aber nicht im Stande, ihn der salpetersauren Potasche bey der gewöhnlichen Temperatur zu entziehen.

Die Eigenschaften der resultirenden Verwandtschaften zusammengesetzter Substanzen lassen sich demnach reduciren 1. auf die Vortheile der Flüssigkeit oder der Auflösungsmittel; 2. auf die Neigung zur Festigkeit, welche entgegengesetzte Wirkungen hervorbringt; 3. endlich auf die Concentration elastischer Substanzen. In diesem Falle ist eine neue additionelle Kraft hinzugekommen, auf welche man das Umgekehrte von dem, was über die Wirkungen der Elasticität gesagt worden ist, anwenden muß. Man kann diese Kraft als analog der Cohäsionskraft betrachten, welche bey der Vermischung verschiedenartiger Substanzen hinzukommt, die die Verbindungen bestimmt, wel-

che sich hierin bilden, und welche durch die entgegengesetzten Kräfte überwunden werden muß. Die Erfahrung belehrt uns noch, daß wenn die resultirende Verwandtschaft nicht hinreicht, die Zersetzung zu verhindern, sie dieselbe bisweilen sehr langsam und langwierig macht. Von dieser langsamen Wirkung, von diesen stufenweisen Veränderungen der Constitution, und von den verschiedenen Graden von Sättigung, welche davon abhangen, rührt der größte Theil der Erscheinungen her, welche man bey der Vegetation, der Gährung in der thierischen Oekonomie, und überhaupt zwischen den Körpern wahrnimmt, welche verdichtete elastische Substanzen enthalten. Man kann sich eine falsche Idee von den Eigenschaften eines Körpers machen, wenn man sich, wie man nur zu oft gethan hat, auf die bloße Bestimmung seiner Bestandtheile einschränkt, ohne auf die andern Eigenthümlichkeiten seiner Constitution Acht zu haben, ob sich nämlich z. B. unter diesen Bestandtheilen welche finden, die eine beträchtliche Veränderung in ihrem Zustande erfahren haben. Eine gegebene Menge Sauerstoff übt nicht die nämliche chemische Kraft aus, wenn er sich im elastischen gasförmigen Zustande befindet, als er eine resultirende Verwandtschaftskraft in irgend einer Verbindung ausübt. Auch ist der Grad der Verdichtung sehr in Anschlag zu bringen.

Aus dieser kurzen Darstellung der Begriffe, welche sich der philosophische Chemiker von den Verwandtschaften gemacht hat, und mit deren Vervollkommnung er noch jetzt sich beschäftigt, ersieht man, daß die bisherige Lehre der chemischen Affinitäten noch lange nicht als Wissenschaft angesehen werden kann,

und,

und, ehe sie diesen Nahmen verdient, einer gänzlichen Umarbeitung bedarf.

Ueber den absoluten Zusammenhang der Theile der Metalle hat nach Musschenbroek der Graf von Sickingen [h]) Versuche angestellt, wobey er nicht allein auf die Dicke, sondern auch auf die Länge Rücksicht nahm. Er ließ von einigen Metallen Drathe verfertigen von 0,3 Paris. Linien im Durchmesser und 2 Fuß Länge, und seine Resultate waren:

Gold zerriß von	16 Pfd.	6 Unz.	—	$43\frac{3}{4}$ Grän franz. M. G.
Silber - -	20 -	11 -	1 Quent.	$43\frac{1}{7}$ - - -
Platina - -	28 -	7 -	3 -	- - - -
Kupfer - -	33 -	7 -	64 -	- - - -
Eisen - - -	60 -	12 -	- -	8 - - -

Ueber die Stärke von metallischen Gemischen hat Herr Achard [i]) sehr zahlreiche Versuche angestellt.

Ueber die respektive Cohäsion fester hohler Körper hat auch Herr Prof. Schmidt [k]) in Gießen Untersuchungen angestellt, und gefunden, daß die Stärke eines hohlen Parallelepipedi so berechnet werden muß, als wenn die Theile, woraus es zusammengesetzt ist, einzeln gebrochen werden sollten. Stellt nämlich (fig. 13.) abcd den Querschnitt eines Parallelepipedi oder hier die Ebene des Bruchs vor, so wird der Hebelarm der Cohäsion für die beyden hohlen Stücke ad und bc die Linie ik, und der Hebelarm für die beyden andern Seitenstücke die Hälfte von fh.

h) Versuche über die Platina. Mannheim 1782. 8.

i) Traité sur les proprietés des alliages metalliques. à Berlin. 1788. 4.

k) Abhandl. über den relativen Zusammenhang hohler fester Körper, in Gren's neuem Journ. der Phys. B. IV. S. 184. u. f.

fh. Hiernach stellte er verschiedene Versuche an; und fand sie mit der Rechnung ziemlich übereinstimmend. Bey dem ersten Versuche, wo er ein hohles und ein massives Parallelepipedum von Eichenholz, dessen specifisches Gewicht in Vergleichung mit dem specifischen Gewichte des Wassers = 0,739 war, gebrauchte, hatte der Querschnitt des massiven 6 Linien in der Breite und Höhe, am Querschnitte des hohlen aber betrug die Breite dc = 6, die Höhe dc = 10 Linien, die Holzstärke der beyden Querstücke war 2 Linien und die der beyden hohen Seitenstücke = 1 Linie. Beyde Körper wurden an ihren Enden in horizontaler Lage 1 Zoll lang unterstützt, und in der Mitte nach und nach durch angehängte Gewichte so lange beschwert, bis sie brachen. Das massive Parallelepipedum zerbrach von 65,5 angehängten Pfunden nach köllnischem Gewichte, dabey war die Biegung 2,30 Zoll; das hohle aber von 85 Pfund, wobey die Biegung 1,40 Zoll betrug. Hiernach war die Stärke des massiven = 6.6.3 = 108, die Stärke der einzelnen Theile des hohlen Parallelepipedi

$$2 . 1 . 10 . 5 + 2 . 4 . 2 . 1 = 116$$

und diese Zahl um $\frac{1}{6}$ vermehrt, weil der Querschnitt um $\frac{1}{6}$ stärker war, als des massiven, giebt $116 + \frac{116}{6} = 135,5$; folglich

$$108 : 135,5 = 65,5 : 82 \text{ Pfund}$$

als die Stärke des hohlen Parallelepipedi, mit dem Versuche sehr nahe übereinstimmend.

Bey dem zweyten Versuche wählte er ein massives und ein hohles Parallelepipedum von Pappelnholz, dessen specifisches Gewicht in Vergleichung mit dem des Wassers = 0,375 war. Beyde hatten 2 Fuß 2 Zoll Länge, das massive 8 Linien Breite und Höhe, das

das hohle 8 Linien Breite, 12 Linien Höhe, und seine Holzstärke durchaus 2 Linien, so daß der Querschnitt beyder gleichen Inhalt hatte. Beyde Parallelepipeda wurden in horizontaler Lage so unterstützt, daß die Unterstützungen 8 Zoll von einander entfernt waren, die Gewichte wurden in der Mitte angehängt, und er fand, daß das hohle Parallelepipedum von 99,88 köllnischen Pfunden zerbrach, die Biegung war 4 Linien; das massive zerbrach von 87,88 Pfund und die Biegung betrug 10 Linien. Nach den Abmessungen war die Stärke der einzelnen Theile des hohlen Parallelepipedi

$$2 . 2 . 12 . 6 + 2 . 4 . 2 . 1 = 304$$

die Stärke des massiven $= 8 . 8 . 4 = 256$; also

$$256 : 304 = 88 \text{ Pfund} : 103 \text{ Pfund}$$

Von diesem Gewichte $\frac{1}{48}$ abgezogen, um welches der Querschnitt des hohlen Parallelepipedi dem Gewicht nach schwächer, als der Querschnitt des massiven war, giebt für die Stärke des hohlen Parallelepipedi 101 Pfund, nahe mit dem Versuche übereinstimmend.

Um die Stärke der hohlen cylindrischen Röhren zu bestimmen, verglich Herr Schmidt zuvor die Stärke massiver Cylinder mit Parallelepipeden von gleichem Querschnitt und gleicher Länge, und fand für den respektiven Zusammenhang massiver Cylinder folgendes Gesetz: die relative Cohäsion eines Cylinders ist $\frac{2}{3}$ von der respektiven Cohäsion eines Parallelepipedi, welches mit ihm gleiche Länge, und den Durchmesser des Cylinders zur Breite und Höhe hat.

Da man bisher über den Zusammenhang der Theile der festen Körper unter einander noch kein allgemeines Gesetz hat auffinden können, so unternahm

 es

es Herr Ritter [1]), ein solches für Metalle, durch die Versuche des Grafen von Sickingen veranlaßt, zu bestimmen. Er bemerkt, daß, wie bekannt, die Cohäsion der Metalle zunehme, wenn man sie erkaltet, und abnehme, wenn man sie erwärmt. Bey den gehörigen Schmelzgraden wird endlich ihre Cohäsion gänzlich vernichtet. Diese Erfahrungen brachten Herrn Ritter auf den Gedanken, ob vielleicht die Wärmemenge, welche erfordert wird, ein Metall in den flüssigen Zustand zu versetzen, das wahre Maaß der Cohäsion der Metalle sey? Vielleicht verhielten sich also die Cohäsionen zweyer Metalle bey einer gegebenen Natur, wie die Produkte aus den Zahlen der Wärmegrade, die zwischen dieser Temperatur und dem Schmelzgrade des Metalls enthalten sind, und den Wärmecapacitäten dieser Metalle; denn dieß werde der eigentliche Ausdruck für die, bis zur völligen Aufhebung des festen Zustandes, diesen Metallen zuströmenden Quantitäten Wärme seyn.

Bloß von Gold, Silber, Kupfer und Eisen kenne man die Wärmecapacitäten, wie die Schmelzgrade. Die Wärmecapacitäten habe Wilke für alle, und Crawford für die beyden letztern Metalle bestimmt. Die Schmelzgrade habe jetzt bloß Wedgwood mit so viel Genauigkeit, als sein Pyrometer erlaube, bestimmt.

Verglich nun Herr Ritter die Produkte der für die zum Schmelzen nöthigen Grade dieser Metalle mit ihren Capacitäten für W. rme, so fand er zwischen diesen und den Zahlen der Cohäsion eine schöne Uebereinstimmung. Wir könnten daher die Vermuthung wirklich für bestätigt halten, und (vor der Hand nur von

1) Gilbert's Annalen der Physik.

von diesen 4 Metallen) als bewiesen annehmen, daß die Cohäsionen mehrerer Metalle bey einer gegebenen Temperatur sich zu einander verhalten, wie die Produkte ihrer Wärmecapacitäten und ihrer Entfernungen von ihren Schmelzgraden (in Graden eines und desselben Thermometers ausgedruckt).

Uebrigens bemerkt er, daß es der Zukunft überlassen bleiben müsse, zu entscheiden, ob dieses Gesetz von allen Metallen gelte. Indeß sey dieß sehr wahrscheinlich; denn welcher Zufall gehörte dazu, daß gerade nur die vier Metalle, die ihrer Cohäsion nach so genau bestimmt waren, allein ihm folgen sollten? Ungeachtet Musschenbroek's Erfahrungen über den Grad der Cohäsion der andern von ihm untersuchten Metalle, nämlich des Zinns, Wismuths, Zinks, Spiesglanzes und Bleyes, eben so mangelhaft seyn mögen, als die von ihm über Gold, Silber, Kupfer und Eisen gemachten, so lehre doch schon die alltägliche Erfahrung, daß sie alle weit geringer cohäriren müßten, als jene. Aber ihre Wärmecapacitäten, mit den Entfernungen von ihren Schmelzgraden multiplicirt, gäben auch wirklich weit geringere Produkte, als bey diesen, und selbst in den Musschenbroek'schen Angaben entsprächen die über den Zink, den Spiesglanz und das Bley schon ganz der Voraussetzung, indem er die Cohäsion des Zinks größer, als die des Spiesglanzes, und die des Spiesglanzes größer, als die des Bleyes fand, wie es ebenfalls der Rechnung nach seyn sollte. Es stehe uns also nichts im Wege, jenes Gesetz für allgemein gültig, und durch die Erfahrung vollkommen bestätigt anzunehmen.

Sonst

Sonst hatte Ritter denselben Gedanken, welchen der Herr von Arnim hatte, daß nämlich die Cohäsion mit dem Magnetismus in der genauesten Verbindung stehe. Seine Meynung ist die nämliche, wie die des Herrn von Arnim: je mehr das Metall eines Magnetismus fähig sey, desto stärker sey die Cohäsion desselben; dieß beweise das Eisen; es habe von allen Metallen die stärkste Cohäsion, sey aber auch das einzige, welches man mit Recht magnetisch nennen könne u. s. f.

Bewegung überhaupt.

Ueber den Ausdruck Trägheit hat man seit der Entdeckung desselben viel gestritten. Priestley meint, man schände die Materie, wenn man sie für träg halte, und sucht sie zu veredeln, indem er ihr Trägheit und Undurchdringlichkeit abspricht. Allein de Lüc zeigt ihm, daß seine aus lauter Kräften und Wirkungskreisen zusammengesetzte Materie im wahren Sinne des Worts dennoch wieder träg seyn würde, wobey doch auch Herr de Lüc bemerkt, daß vielleicht in der Materie mehr liegt, als wir mit unsern Sinnen darin wahrzunehmen vermögen.

Am richtigsten hat Kästner den Begriff der Trägheit erörtert, ob er gleich mit allen denjenigen Physikern und Mathematikern, welche ihm gefolgt sind, meiner Meynung nach, den unrichtigen Schluß daraus zieht, daß sich die Trägheit wie die Masse verhalte (M. s. Th. IV. S. 88.). Schon Gren in der zweyten Ausgabe seines Grundrisses der Naturwissenschaft bestritt diesen Satz. Dieser behauptete, die Trägheit der Materie könne derselben keine Kraft ertheilen, zu widerstehen in Ruhe oder Bewegung,

gung, und daraus folge von selbst, daß die träge Materie die zur Aenderung ihres Zustandes der Ruhe oder Bewegung angewandte Kraft nicht verminderte, in so fern sie bloß träge sey und ihr keine Kräfte inhärirten, die jener Kraft entgegenwirken und sie dadurch vermindern könnten. Die bloß träge Masse des beweglichen Körpers sey also gar kein Hinderniß seiner Beweglichkeit, und diese stehe in keinem Verhältnisse mit der trägen Masse. Die doppelt, dreyfach u. s. w. große Masse sey also eben so beweglich, wie die einfache Masse. Bey der Bewegung der bloß trägen Körper soll daher die Masse gar nicht in Anschlag kommen, indem sie die Beweglichkeit weder vermindere noch vermehre; nur die Geschwindigkeit allein soll das Maas der Kraft und die Größe der Bewegung bestimmen. Denn, sagt Gren: wenn Trägheit Gleichgültigkeit der Körper gegen Ruhe und Bewegung ist, so muß auch der Satz, daß die Trägheit der Masse proportional sey, ohne Sinn seyn, indem es so wenig Grade der Gleichgültigkeit, als der Ruhe geben kann. Um aber Gren zu verstehen, muß man bemerken, daß er die bloß träge Materie von der widerstehenden unterscheidet; bey der erstern kommt es bloß auf die Bewegung und was davon abhängt, Richtung und Geschwindigkeit, an; bey der andern aber werden auch die derselben inhärirenden Kräfte mit in Betrachtung gezogen. Daher sagt Gren, die Masse komme bey der Schätzung der Kraft eines bewegten Körpers nur so fern in Betrachtung, als diese Masse die Zahl der Theile dieses Körpers anzeige, deren jeder durch die beschleunigende Kraft afficirt werde. Den in Bewegung befindlichen Körpern selbst, wenn sie bloß träge wären, könnten wir keine bewegende Kraft zuschrei-

schreiben, weil Trägheit keine Kraft sey. Kraft sey eigentlich nur das, was Widerstand zu leisten vermöge; die Gleichgültigkeit der Körper gegen Ruhe und Bewegung könne ihnen aber keine Kraft zum Widerstande in Ruhe oder Bewegung ertheilen. Man sollte also eigentlich sagen: es gehöre eine Ursache dazu, um bloß träge Körper aus Ruhe in Bewegung, oder aus Bewegung in Ruhe zu versetzen, weil man beym Worte Kraft sich gewöhnlich eine Anstrengung und dadurch eine Verminderung der Kraft denke. Kraft werde nur da verwandt, wo Widerstand sey.

Diese von Gren aufgestellten Sätze suchte Herr Gehler in V. Theile seines physikalischen Wörterbuchs (Art. Trägheit) als ganz unhaltbar zu bestreiten. Er glaubt, Gren übertreibe den Begriff von Gleichgültigkeit, indem er weit mehr hineinlege, als man sich hineinzulegen verstatten dürfe, wenn man die Trägheit der Materie mit diesem Nahmen belegen wolle. Unsere Vorstellung von der Trägheit entstehe daraus, daß wir die Ursachen der Bewegung, oder die Kräfte, als abgesondert von der Materie betrachteten, und jene für thätig, diese aber für bloß leidend annähmen. Dieser Vorstellung gemäß ändere die Materie ihren Zustand der Ruhe oder Bewegung nie von selbst, sondern jede Aenderung derselben erfordere die Einwirkung einer äußern Ursache, einer Kraft, deren Größe und Beschaffenheit der hervorzubringenden Aenderung angemessen sey. Diese der Materie beygelegte Eigenschaft, bey den Aenderungen ihres Zustandes nichts selbst zu thun, sondern sich lediglich durch Einwirkung äußerer Kräfte bestimmen zu lassen, nennten wir Trägheit, oder hier Gleichgültigkeit.

Hie-

Hiebey sey aber der Sinn des letzten Worts dieser, daß jede träge Masse zu jeder Aenderung ihres Zustandes eine äußere bestimmende Ursache erfordere, die der Größe der Aenderung angemessen sey. Wenn also z. B. die träge Masse M, um aus der Ruhe mit der Geschwindigkeit C fortzugehen, eine Kraft = k erforderte, so werde eine andere neben ihr liegende träge Masse M, um mit eben der Geschwindigkeit C aus der Ruhe fortbewegt zu werden, ebenfalls eine Kraft = k erfordern. Eine dritte Masse = M werde wiederum eine Kraft = k erfordern u. s. f. Zwey dieser Massen zusammen, oder alle drey zusammen erforderten also die Kraft k zweymal oder dreymal u. s. f. Und da es hiebey einerley sey, ob sich die Massen berührten, oder nicht, ob sie zusammenhiengen, oder nicht, so folge, daß die Masse = 2 M, um eben so geschwind aus der Ruhe fortbewegt zu werden, die Kraft = 2 k, die Masse 3 M die Kraft 3 k, und eine Masse = n M die Kraft = n k erfordere. Daß den Massen Gleichgültigkeit in Ruhe und Bewegung beygelegt werde, ändere in den Schlüssen nichts; denn es solle dadurch nichts weiter angezeigt werden, als daß die Massen ohne Einwirkung der Kraft sich gar nicht bewegen würden, daß sie sich auch nicht mehr oder weniger bewegten, als es der Kraft gemäß sey; kurz, daß sie bloß leidend den Einwirkungen der Kraft folgten, welche allein hier der thätige Theil sey.

In den angeführten Schlüssen von Gren sey ein doppelter Sinn des Worts Beweglichkeit zu finden. Heiße Beweglichkeit überhaupt Fähigkeit, sich bewegen zu lassen, so könne man sagen, die doppelt so große Masse sey eben so beweglich als die einfache. Heiße

Heiße es aber Fähigkeit, sich durch eine bestimmte Kraft mit bestimmter Geschwindigkeit bewegen zu lassen, so könne man dieß nicht mehr sagen; denn alsdann zeigten jene Betrachtungen, daß in diesem Sinne 2M nur halb so beweglich sey, als M.

Zweytens folge aus dem Begriffe der Gleichgültigkeit das gar nicht, was Gren daraus herzuleiten suche. Dieser Begriff solle nichts weiter sagen, als daß die Materie nicht selbst wirke. In diesem Nichtwirken gebe es freylich keine Grade; daraus folge aber nicht, daß es ohne Sinn sey, wenn man da mehr bestimmende Ursache, mehr Kraft erfordere, wo mehr gleichgültige oder unthätige Theile eben dieselbe Geschwindigkeit erhalten sollen. Man brauche ja, wenn die gleich großen Theile zerstreut wären, für jeden einzelnen dieselbe Kraft; also sey es dem Gange des menschlichen Verstandes gemäß, zu schließen, man brauche, wenn sie beysammen wären, für alle mit einander die Summe dieser Kräfte, die sich dann allemal wie die Menge der Theile verhalten werde. In diesem Sinne sage man aus sehr vernünftigen Gründen: die Trägheit sey der Masse proportional, d. i. um die nfache träge Masse mit gleicher Geschwindigkeit zu bewegen, sey eine nfache Kraft nöthig. Wer dieses sage, rede nicht ohne Sinn. Er spreche darum auch der Materie ihre Gleichgültigkeit gegen Ruhe und Bewegung nicht ab, sondern er fordere da nur mehr bestimmende Ursache, wo mehr Gleichgültiges, der Bestimmung Bedürfendes vorhanden sey.

Gegen diese von Herrn Gehler gemachten Einwürfe suchte sich Gren in der dritten Auflage seines Grundrisses der Naturlehre zu vertheidigen. Er sagt,

sagt, sie beruhen eben auf dem mißverstandenen Begriffe der Trägheit. Herr Gehler habe übersehen, daß hier von einer in Abstracto genommenen Materie die Rede sey, die bloß als beweglich, und ohne daß die in der Wirklichkeit damit verbundene stetige Kraft der Schwere, als auf sie wirkend, gedacht werde. Eine schwere Kugel, die auf einer horizontalen Tafel ruhe, widerstehe allerdings in horizontaler Richtung, aber nicht deßwegen, weil sie träge, sondern weil sie schwer sey. Die Tafel trage zwar ihr Gewicht, hebe ja aber ihre Schwere und den Druck nicht auf, den sie durch ihre Schwere verursacht. Sie widerstehe, wenn wir auch hiebey von aller Friktion, vom Widerstande der Luft u. d. gl. abstrahirten, vermöge der Kraft der Schwere, weil sie von der vertikalen Richtung, in welcher die Schwere sie treibt, und in welcher sie auch ihren Druck ausübt, abgelenkt werden solle. Man sollte nur bedenken, daß die Bewegung der schweren Kugel auf der horizontalen Tafel eine wirkliche Centralbewegung sey. Der Widerstand der Kugel in jeder andern Richtung, als die Richtung der Schwere, hebe die andere bewegende Kraft proportionirlich auf, so wie hinwiederum durch diese die Schwere verhältnißmäßig aufgehoben werde: kurz, es seyen hier zwey Kräfte wirksam, die einander entgegengesetzt sind, und (was man in der That nicht beherzigt habe) es würde die schwere Kugel, bey ihrer Bewegung auf der horizontalen Tafel, diese gar nicht mehr drucken, wenn sie darauf mit einer Geschwindigkeit bewegt würde, die der Endgeschwindigkeit ihres Falles durch den Halbmesser der Erde gleich wäre, weil alsdenn ihre Fliehkraft der Schwere unter dem Aequator gleich wäre. Den Widerstand, welchen die wirklichen Materien in der Welt vermöge ei-

ner einwirkenden stetigen Kraft, die sie sollicitire, leisteten, könne man also nicht als Einwurf benutzen, um den Satz zu widerlegen, daß die Trägheit der Materie, im metaphysischen Sinne, keinen Widerstand derselben im Zustande der Ruhe begründe. So verfahren, hieße den Satz der Trägheit durch den Satz der Gegenwirkung umstoßen wollen.

So wenig haltbar auch die Eintheilung der Materie in bloß träge und widerstehende ist, so hat doch, meiner Meynung nach, der Satz, daß die Trägheit der Masse proportional sey, eben so wenig einen vernünftigen Sinn, als der Ausdruck Trägheitskraft, ob ihn gleich Herr Gehler mit großer Mühe zu vertheidigen sucht. Dieser Satz folgt offenbar nicht aus dem richtigen Begriffe der Trägheit. Herr Gehler hat, so wie viele andere, das Gesetz der Trägheit mit dem Gesetze der Gegenwirkung verwechselt. Versteht man unter Trägheit, wie alle Physiker annehmen, ein bloßes Unvermögen der Körper, sich zur Bewegung oder Ruhe, als Veränderung des Zustandes, zu bestimmen, so kann unmöglich der Satz, daß die Trägheit der Masse proportional ist, daraus abgeleitet werden. Wenn Herr Gehler behauptet, daß eine jede träge Masse zu jeder Abänderung ihres Zustandes eine äußere bestimmende Ursache erfordere, die der Größe der Anwendung angemessen sey, so mußte er erst beweisen, daß die Größe der Kraft nicht wegen der gleichen Gegenwirkung der trägen Materie, sondern bloß wegen der Trägheit derselben nöthig war; das letztere nimmt er aber ganz stillschweigend an, ohne das erstere widerlegt zu haben. Unmöglich kann ein bloßes Unvermögen der Masse M, um mit der Geschwindigkeit C aus Ruhe in Bewegung

gung zu kommen, die ankommende Kraft um k vermindern; dieß würde ein Ausdruck ohne Sinn seyn. Nur durch Gegenwirkung der trägen Masse M kann dieß geschehen, und da die Gegenwirkung allemal der Wirkung gleich seyn muß, so wird auch die Masse 2 M die Anwendung der Kraft = 2 k erfordern, um mit eben der Geschwindigkeit aus Ruhe in Bewegung zu kommen, u. s. w. Man sieht hieraus sehr leicht, daß Herrn Gehlers Schlüsse keinesweges aus dem wahren Begriffe der Trägheit folgen, sondern daß sie sich vielmehr auf das Gesetz der einer jeden Wirkung entgegengesetzten gleichen Gegenwirkung gründen.

Daß die träge Materie, um aus Ruhe in Bewegung oder aus Bewegung in Ruhe zu kommen, eine äußere Ursache erfordere, folgt natürlich aus dem Begriffe der Trägheit; gedenkt man sich aber hiebey schon eine Verminderung der Kraft, d. h. schon das, was die Materie thut, so wendet man nicht mehr das Gesetz der Trägheit an, sondern das der Wirkung entgegengesetzten gleichen Gegenwirkung. Denn das Gesetz der Trägheit kann und will nichts mehr sagen, als daß alle Materie an sich leblos ist. Wenn man sich also gleich mehr träge (gleichgültige) Materie vorstellt, so kann man sich, nach dem wahren Sinne des Worts Trägheit, ebenfalls nichts weiter denken, als daß die größere Menge von Materie so gut leblos (gleichgültig, unthätig) ist, als eine geringere Menge. Stellt man sich dagegen die äußere Ursache, die Kraft, als wirkend (thätig) vor, welche der aus der Stelle zu treibenden Menge der trägen Masse angemessen ist, so wendet man auch schon das Gesetz der Gegenwirkung an; denn Träg-

 heit,

heit, d. h. Leblosigkeit (Gleichgültigkeit, Unthätigkeit) kann keine Kraft vermindern; nach richtigen Principien kann nur die ankommende Kraft durch entgegengesetzte Kraft eine Verminderung erleiden. Unthätigkeit der Materie, und gleichwohl Verminderung der Kraft, ist ein Ausdruck ohne Sinn. Aus dieser Entwickelung folgt also unläugbar, daß die Trägheit keinesweges der Masse proportional seyn könne.

Herr Haüy [m]) führt an: Herr la Place habe eine vorzüglich schöne und natürliche Ansicht von der Trägheit gegeben. Um einzusehen, worin dieselbe bestehe, soll man sich einen Körper in Bewegung denken, der auf einen Körper trifft, der in Ruhe ist; er werde demselben einen Theil seiner Bewegung mittheilen, so daß, wenn der erstere z. B. eine zweymal so große Masse habe, als der zweyte, daß also seine Masse zwey Drittheile von der Summe der Massen sey, die Geschwindigkeit, die er nach dem Zusammenstoßen behalte, auch zwey Drittheile von der Geschwindigkeit, die er Anfangs hatte, bleiben werde; und da das andere Drittheil, welches er dem andern Körper überlassen habe, sich in eine noch einmal so große Masse vertheilt befinde, so würden beyde Körper nach dem Stoße die nämliche Geschwindigkeit haben. Die Wirkung der Trägheit reducire sich mithin darauf, daß der eine von beyden Körpern dem andern einen Theil seiner Bewegung mittheile; und weil der letztere nicht empfangen könne, ohne daß jener verliere, so habe man diesen Verlust einem Widerstande, der von dem empfangenden Körper geleistet wer-

m) Handbuch der Physik, aus dem Franz. von D. Weiß. B. I. Leipz. 1805. 8. S. 51.

werde, zugeschrieben. Es sey aber hier mit der Bewegung beynahe so, wie mit einer elastischen Flüssigkeit, die in einem Gefäße enthalten sey, womit man etwa ein anderes leeres Gefäß in Communikation setzt. Diese Flüssigkeit werde, vermöge ihrer Expansivkraft, in das zweyte Gefäß hineindringen, bis sie sich in den Capacitäten beyder Gefäße gleichförmig vertheilt befände; eben so thue auch ein Körper, der einen andern stoße, nichts weiter, als daß er einen Theil seiner Bewegung in ihn hineintrage; und es sey eben so wenig ein Grund vorhanden, hier einen Widerstand anzunehmen, als bey jenem eben angeführten Beyspiele.

Herr la Place sowohl als Herr Haüy glauben daher, daß derjenige Körper, welcher gestoßen wird, keinen Widerstand leiste, sondern die Verminderung der Kraft des stoßenden Körpers nur daher rühre, daß ein Körper durch die Wirkung eines andern keine Bewegung erhalten könne, ohne ihn deren zu berauben. Allein Herr Haüy widerspricht sich schon selbst durch folgende Bemerkung: es sey zwar wahr, daß wenn man mit der Hand auf einen Körper, der in Ruhe, oder in einer geringern Bewegung ist, als die der Hand, schlage, so glaube man einen Widerstand zu finden; diese Täuschung entspringe aber daher, daß die Wirkung auf die Hand die nämliche sey, als wenn sie in Ruhe wäre, und der Körper mit einer Bewegung in entgegengesetzter Richtung sie schlüge.

Man sieht aus den von mir über die Trägheit angeführten Bemerkungen sehr leicht ein, daß diese beyden berühmten Männer offenbar das Gesetz der Trägheit mit dem Gesetze der Wirkung und Gegen-

wirkung verwechselt haben. Und selbst bey diesem letztern Gesetze ist die Vorstellung irrig, daß die Mittheilung der Bewegung auf eine ähnliche Art erfolge, als wenn eine flüssige Materie aus dem einen Gefäße in ein anderes geschüttet werde. Denn hieraus kann unmöglich der Grund der Uebertragung der Bewegung des einen Körpers in den andern eingesehen werden. Kant hat, wie bereits oben angeführt ist, sehr gründlich gezeigt, daß keine Mittheilung der Bewegung anders statt finden kann, als wenn eine Gemeinschaft der Bewegungen des stoßenden und des gestoßenen Körpers vorausgesetzt wird. Denn eine Bewegung kann nur durch eine entgegengesetzte Bewegung, nicht aber durch bloße Trägheit des Körpers, vermindert werden.

Ueberhaupt beweisen alle diese Untersuchungen, daß die Grundpfeiler der Lehre der Bewegung auf metaphysischen Begriffen beruhen, und aus dem zum Grunde gelegten empirischen Begriffe der Materie entwickelt werden müssen. Ohne Zweifel war Kant der erste, welcher diesen Gegenstand am gründlichsten untersuchte. Da aber seine Bemühungen bereits oben im gehörigen Zusammenhange seines Systems angeführt sind, so würde es zweckwidrig seyn, sie hier noch einmal zu wiederholen.

Centralbewegung.

Die Aufgabe, aus der bestimmten krummen Linie das Gesetz, nach welchem die Centripetalkraft wirkt, und welche die Aufgabe der Centralkräfte genannt wird, hatte bereits Newton vollständig aufgelößt. Was aber die verkehrte Aufgabe der Centralkräfte betrifft, nämlich aus dem Ge=

Gesetze der Centripetalkraft und aus der Geschwindigkeit des Wurfs eines Körpers die Natur der krummen Linie zu finden, so konnte Newton diese nicht allgemein auflösen, weil die Kunstgriffe der Integralrechnung noch nicht so weit entwickelt waren, daß er dieses wichtige Problem in seiner völligen Allgemeinheit hätten darstellen können. Erst Johann Bernoulli lößte diese Aufgabe zuerst allgemein auf, und bewieß dadurch, daß ein geworfener Körper, der von einem Mittelpunkte der Kräfte in dem verkehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen von diesem Punkte angezogen wird, nothwendig einen Kegelschnitt beschreiben müsse, und daß der Mittelpunkt der Kräfte allemal in den Brennpunkt dieser krummen Linie falle. Nachher haben sich mehrere Lehrer der Mechanik mit der Auflösung dieses Problems beschäftigt, und vorzüglich Leonh. Euler, Kästner und neuerlich la Place in seiner vortrefflichen Mécanique céleste durch Hülfe der erfundenen Kunstgriffe der Integralrechnung dasselbe mit der größten mathematischen Schärfe und Leichtigkeit aufgelößt.

Bey jeder Centralbewegung sind, wie bekannt, zwey Kräfte wirksam, nämlich die Centripetalkraft und die Schwungkraft. Einige Naturforscher wollen nicht zugeben, daß die Schwungkraft eine wirklich in der Natur existirende Kraft sey, sondern sie nehmen sie als einen bloßen mathematischen Begriff an. Ein jeder einmal in Bewegung gesetzter Körper setze nämlich seine Bewegung schon vermöge der Trägheit, ohne hiezu eine neue Kraft nöthig zu haben, mit eben der Richtung und Geschwindigkeit fort. Von derjenigen Kraft aber, welche die Bewegung im ersten Anfange hervorgebracht habe, und dem Urheber

allein zuzuschreiben sey, könne die Rede jetzt nicht mehr seyn. So wie z. B. ein Körper, der in horizontaler oder auch schiefer Richtung fortgeworfen werde, in seiner einmal erhaltenen Geschwindigkeit fortgeht, ohne einer neuen Kraft zu bedürfen, so sey dieß auch der Fall bey den Himmelskörpern. Diese wären anfänglich von einer unendlichen Kraft fortgestoßen oder geworfen, und müßten nun in alle Ewigkeit vermöge der Trägheit die anfängliche Bewegung nach einerley Richtung und mit gleicher Geschwindigkeit fortsetzen. Es verhalte sich also bey der freyen Centralbewegung die Sache so: ein Theil der Centripetalkraft werde auf Aenderung der Richtung, auf Krümmung des Weges verwendet, und habe er diese Wirkung hervorgebracht, so wirke er nun weiter nichts; dabey stelle man sich vor, eine entgegengesetzte Kraft habe ihn aufgezehrt, und nenne diese Kraft Schwungkraft. Im Grunde sey aber das, worauf er verwendet wurde, ein Theil der schon vorhandenen Bewegung, und daher eine Folge der Trägheit gewesen; und wenn man es Kraft nennen dürfe, so sey es mit eben dem Rechte erlaubt, der Bewegung selbst eine Kraft zuzuschreiben, da man doch alles, was sie bewirke, aus der Geschwindigkeit erklären könne. Das Ungegründete im Begriffe der Schwungkraft erhelle sehr leicht, wenn man folgende beyde Umstände genau in Erwägung ziehen wolle: 1. soll sich diese Kraft allemal nach der Normallinie oder senkrecht auf die Richtung der Bahn erweisen; 2. falle ihre Größe bald so, bald anders aus, nachdem man sie auf diesen oder jeden andern Punkt der Normallinie beziehe. Eine Kraft im eigentlichsten Verstande würde nicht allemal nach der Normallinie wirken, und müsse doch in jedem Falle ihre bestimmte Größe haben, in welcher die

zufäl-

zufällige Beziehung auf diesen oder jenen Punkt nichts ändern könnte.

Allein alle diese Gründe sind meiner Meynung nach nicht hinreichend, die Schwungkraft als etwas Imaginaires zu betrachten, selbst nach der atomistischen Lehrart nicht. Es wird zugegeben, daß der Körper beym ersten Anfange der Bewegung durch eine Kraft fortgestoßen worden sey; diese Bewegung soll nun aber in alle Ewigkeit vermöge der Trägheit fortgesetzt werden, die Centripetalkraft allein lenke den Körper in der Richtung seiner geradlinichten Bewegung in jedem Augenblicke oder stetig ab und bewirke die krumme Bahn, und die Centripetalkraft sey allein wahre Kraft zu nennen. Wenn aber eine andere Kraft auf den in Bewegung begriffenen Körper nach einer andern Richtung wirkt, so wird er nicht allein von seiner geradlinichten Bahn abgelenkt, sondern er wird auch von seiner Geschwindigkeit gerade so viel verlieren, als die Kraft nach einer der geradlinichten Bahn des Körpers gerade entgegengesetzten Richtung zu wirken vermag. Ist also die Wirkung der Kraft auf den in geradlinichter Bewegung begriffenen Körper stetig, so muß auch die Verminderung der Bewegung des bewegten Körpers stetig seyn. Bey der freyen Centralbewegung wirkt aber wirklich die Centripetalkraft auf den durch den Wurf in Bewegung gesetzten Körper stetig, folglich muß auch dadurch der geworfene Körper in seiner Geschwindigkeit alle Augenblicke eine Verminderung erleiden. Gesetzt also auch, der Urheber hätte den Körper durch eine unendliche Kraft fortgestoßen oder fortgeworfen, so würde daraus folgen, daß er sich ohne Aufhören dem Mittelpunkte der Kräfte nähern, und folglich eine Schneckenlinie

beschreiben müsse. Soll also der Körper beständig in einer krummlinichten Bahn sich fortbewegen, so muß nothwendig eine andere Kraft in entgegengesetzter Richtung eben so stetig auf ihn wirken, als die Centripetalkraft es thut. Die Schwungkraft ist folglich eine wirklich in der Natur existirende Kraft. Außerdem findet auch das Gesetz der Trägheit, daß nämlich ein Körper mit unveränderter Richtung und Bewegung fortgeht, nur im leeren Raume, nicht aber im widerstehenden Mittel statt; in diesem muß endlich einmal die Bewegung wegen des Widerstandes aufhören. Soll also die Bewegung im widerstehenden Mittel ununterbrochen mit einerley oder auch bald mit einer geringern, bald mit einer größern Geschwindigkeit erfolgen, so muß auch eine äußere Kraft auf den in Bewegung gesetzten Körper wirken. Daß die Schwungkraft allemal auf die Richtung der Bewegung nach der Normallinie wirken soll, ist freylich mathematisch, indem ja, wie bekannt, bey jeder Wirkung einer Kraft, sie mag in einer Richtung, in welcher man will, wirken, nur derjenige Theil als wirksam betrachtet wird, dessen Richtung auf der Fläche, mithin bey centralen Bewegungen auf der Bahn senkrecht ist. Diese mathematische Idee ist aber gar kein Grund, daß die Grundkraft imaginair sey. Man nimmt selbst nach der atomistischen Lehre an, daß alle in der freyen Centralbewegung begriffenen Körper unter einander Anziehung besitzen. So wird z. B. unsere Erde von der Sonne, aber auch vom Monde angezogen. Die Himmelskörper können also unter einander beständig eine solche Lage haben, daß die Anziehungen derselben nach verschiedenen Richtungen erfolgen, und daß dadurch ein Körper von dem einen an- und von dem andern abgezogen wer-

werde, so daß sie den Körper gleichsam nachschleppen, und eben die so genannte Schwungkraft erregen. Selbst die Störung der Weltkörper unter einander muß auf diesem Grunde beruhen. Nach der dynamischen Lehrart ist es schlechterdings nothwendig, daß ein bewegter Körper Kraft besitze, indem es sonst unmöglich ist, daß irgend eine Kraft auf die Bewegung eines Körpers wirken kann. Wegen der steten Einwirkung der Centripetalkraft auf den central bewegten Körper müßte endlich die Kraft, mithin auch die Bewegung des bewegten Körpers, verschwinden, und folglich der Körper selbst im Mittelpunkte der Kräfte eintreffen, wenn nicht eine Kraft der Centripetalkraft entgegen wirkte. Ueberdieß findet nach dieser Lehre auch das Ungereimte nicht statt, daß der Schöpfer bey der anfänglichen Bewegung allen den unzähligen Körper einen Wurf gegeben habe, und daß sie nach dieser geworfenen Richtung bis in alle Ewigkeit fortgehen müßten. Schon die ursprünglich anziehenden Kräfte, welche sich nach den Massen richten, und in die Entfernung unmittelbar wirken, sind hinreichend, sich von der Centralbewegung der Himmelskörper eine richtige Idee zu machen.

Das Reiben oder die Friktion.

Herr Hube [n]) unterscheidet eine doppelte Art der Friktion. Die der erstern Art nennt er diejenige, welche bloß die Bewegung hindert und schwächt, die ein Körper anderswoher erhält. Oft aber bringt die Friktion in runden Körpern eine drehende Bewegung hervor, welche ohne sie gar nicht statt finden würde, und diese Friktion nennt er die der

n) Vollständiger und faßlicher Unterricht in der Naturlehre. B. III. 40ster Brief.

der zweyten Art. So dreht sich eine auf der horizontalen Fläche fortgeschobene Kugel immer rückwärts, indem sie vorwärts geht, bloß weil sie sich auf der Fläche reibt. Ihre fortgehende Bewegung wird durch die Reibung ebenfalls geschwächt, aber viel weniger, als sie geschwächt werden würde, wenn die Reibung keine Drehung zuwegebrächte. Denn überhaupt ist die Reibung der zweyten Art unter gleichen Umständen viel geringer, als die Reibung der ersten Art, und zwar um desto mehr, je beweglicher der Körper, welcher sich dreht, nach allen Seiten ist. Unter allen runden Körpern, die einer solchen Drehung fähig sind, ist unstreitig die Kugel nach allen Seiten hin am beweglichsten. Sie leidet also auch unter gleichen Umständen die kleinste Reibung, und verliert durch sie von ihrer fortgehenden Bewegung weniger, als Walzen oder Scheiben und Räder. Dieß ist der Grund, warum man unter ungeheuren Massen, welche fortgezogen werden sollen, metallene Kugeln legt, weil dadurch die Reibung so viel als möglich vermindert wird. Kleinere Lasten aber schiebt man gewöhnlich auf untergelegten Walzen fort, weil sie bequemer als Kugeln sind.

Wie sehr der Widerstand vermindert wird, wenn man die Reibung der ersten Art in die der zweyten Art verwandelt, zeigen selbst unsere gewöhnlichen Fuhrwerke auf eine sehr einleuchtende Art. Sie sind mit Rädern versehen, welche sich wegen ihrer Reibung auf der Erde drehen, folglich an ihrem Umfange eine Reibung der zweyten Art leiden, anstatt daß die ganze Reibung eines Schlittens oder einer Schleife von der ersten Art ist. Ungeachtet nun die Räder sich wirklich noch an ihren Achsen auf die erste Art rei-

reiben, und ungeachtet sie theils durch sich selbst, theils durch die Achsen und die übrigen zu ihrer Befestigung nöthigen Theile das Gewicht der Wagen ungemein vermehren, so machen sie dennoch, bloß durch ihr Drehen, daß auf einem ungleichen Boden, wo die Reibung vorzüglich groß ist, die Wagen viel leichter fortzuziehen sind, als die Schleifen oder Schlitten. Hemmt man aber die Räder, so wird die Bewegung derselben ungemein erschwert, weil jetzt ihre ganze Reibung bloß von der ersten Art ist.

Auf eine ähnliche Art kann auch die Reibung liegender oder horizontaler Wellen vermindert werden, wenn man jeden ihrer Zapfen nicht auf ein unbewegliches Lager, sondern auf die Räder zweyer neben einander gestellter Rollen oder Räder legt, die sich beyde nach entgegengesetzten Richtungen drehen, wenn die Welle gedreht wird. Denn weil die Drehung der Rollen bloß eine Folge der Reibung zwischen ihren Rändern und den Zapfen der Wellen ist, so gehört diese Reibung zur zweyten Art, anstatt daß die Reibung der Zapfen auf unbeweglichen Lagern von der ersten Art ist. Es reiben sich zwar die Zapfen der Rollen oder Räder auch auf die erste Art, allein diese Reibung wird durch eine geringe Kraft überwunden, weil ihr Ort am Umfange des Zapfens der Rolle und also der Achse, um welche sich die Rolle dreht, viel näher liegt, als der Ort der Kraft, der am Umfange der Rolle selbst ist. Daher wird bey kleinen und leichten Maschinen, die mit liegenden Wellen versehen sind, die Bewegung sehr erleichtert, wenn man die Zapfen jener Wellen auf etwas große Rollen legt. Bey großen und schweren Maschinen aber, dergleichen die Mühlen sind, kann man sich dieses Vortheils nicht

nicht bedienen, weil die Rollen durch die große Last der Welle bald verbogen und unbrauchbar gemacht werden würden..

Die drehende Bewegung der Kugeln und Walzen bey der Reibung der zweyten Art rührt bloß daher, daß die erhabenen Theilchen ihrer Oberflächen auf die Theilchen der Flächen stoßen, auf welchen sie sich fortbewegen, und von ihnen zurückgetrieben werden. Da die letztern unbeweglich sind, so benehmen sie den erstern, welche sich leicht zurücktreiben lassen, ihre ganze Bewegung, oder sie stoßen sie eben so stark rückwärts, als sie mit den übrigen Theilen und der Achse, um welche sie sich drehen, vorwärts gehen. Daher dreht sich der Umfang eines Wagenrades eben so schnell rückwärts um seine Achse, als diese nebst dem Wagen fortgeht. Auf eine ähnliche Art verhalten sich die Walzen und Kugeln, die man auf einer horizontalen Fläche fortschiebt oder zieht.

Dadurch, daß die Theilchen der Fläche auf die Theilchen des Umfangs des Rades stoßen, welches auf ihr fortgezogen wird, entsteht in dem Rade nicht nur eine drehende Bewegung, sondern es wird auch zugleich die fortgehende Bewegung desselben geschwächt, und zwar um desto mehr, je schneller das Rad fortgezogen wird. Daher wächst die Reibung der zweyten Art mit der Geschwindigkeit, ungeachtet sie überhaupt mehrentheils nur gering ist. Dreht sich aber ein runder Körper, indem er sich auf einer Fläche reibt, nicht durch Reibung, sondern durch eine andere Kraft, so wie z. B. die Welle einer Mühle auf ihren Zapfenlagern, so ist die Reibung von der erstern Art, weil die stoßenden Theilchen einander in diesem Falle nicht ausweichen.

Euler betrachtete, wie bereits im IV. Theile S. 153. angeführt ist, die Friktion als eine während der Bewegung beständig gleich bleibende Größe. Auch bewiesen dieß schon die Versuche, welche Schober in den Salzgruben bey Krakau mit Rollen gemacht hat, deren Achsen von Stahl, die Lager theils von Horn, theils von Metall waren. Denn die Bewegung dieser Rollen und der an ihnen hängenden Gewichte blieb beständig, und selbst bey einer Tiefe von 216 Fuß, durch welche die letztern giengen, und zwar mit gleichförmig beschleunigter Bewegung. Sie wurde also von einer gleichförmigen Kraft erzeugt. Da nun diese Kraft von dem Uebergewichte auf der einen Seite, welches während der ganzen Bewegung immer von gleicher Größe blieb, nach Abzug der Friktion entstand, so mußte auch die Friktion immer gleich groß bleiben. Mit diesen Versuchen stimmen auch die des Herrn Coulomb überein, welche zeigen, daß auch Holz auf Holz, wenn es ungeschmiert ist, die Reibung bey jeder Geschwindigkeit ungefähr einerley Größe behält. Aber bey geschmierten Flächen wächst die Friktion mit der zunehmenden Geschwindigkeit immer fort. Daher wird auch die Bewegung immer geringer, und zuletzt gar nicht weiter beschleunigt. Aus dieser Ursache fangen auch die Maschinen, die von irgend einer Kraft beschleunigt werden, in kurzer Zeit sich gleichförmig zu bewegen an, wenn sie geschmiert sind.

Nach Euler's Voraussetzung hat Herr Prof. Gerstner in Prag Untersuchungen über das Reiben beym Räderwerke angestellt. Wenn die Politur mittelmäßig war, so betrug die Friktion nie über $\frac{1}{3}$ des Drucks; bey guter Einschmierung des Zapfens war sie

sie auch nur $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{8}$ des Drucks. Die Kraft muß allemal größer seyn, wenn das Rad den Trilling, als wenn dieser jenes in Bewegung setzt; auch ist in beyden Fällen weniger Kraft nöthig, wenn die Dicke der Triebstecken größer gemacht wird, als die halbe Entfernung des einen von dem andern. Es ist daher vortheilhafter, wenn man dem Rade, an welchem die Kraft arbeitet, die Gestalt eines Trillings giebt, auch wenn man die Triebstecken dicker, die Zähne hingegen dünner macht.

Bewegung tropfbar flüssiger Körper.

Bisher hatte man das Wasser für vollkommen flüssig gehalten, und auf dieser Voraussetzung beruhen die Gesetze der Hydrostatik und Hydraulik. Der Herr Prof. Gerstner °) kam auf die wahrscheinliche Vermuthung, daß die Flüssigkeit des Wassers bey verschiedenen Wärmegraden verschieden seyn könne, und daß dieser Umstand, wenn er wirklich statt fände, auf die Bewegung des Wassers einen merklichen Einfluß haben müsse. Dieß veranlaßte dem Herrn Gerstner, gegen das Ende des Jahrs 1796 hierüber Versuche anzustellen, aus welchen deutlich zu ersehen ist, daß nach seiner Meynung der Widerstand beym Laufe des Wassers in Flüssen und Röhrenleitungen, welche Einige der Rauhigkeit des Flußbetts und einer daraus entstehenden Reibung, Andere der Adhäsion des Wassers an die Wände der Röhren u. s. f. beygemessen haben, größtentheils im eigentlichen Verstande der unvollkommenen Flüssigkeit des Wassers zuzuschreiben ist.

Sein

o) Neue Abhandlungen der königl. Böhmischen Gesellschaft der Wissensch. B. III. Prag 1795. S. 141 f.

Sein hiezu gebrauchter Apparat bestand in einem verzinnten Eisenbleche, einem Schwimmer und einem darauf gesteckten Maaßstäbchen, einigen Glasröhren, einer Wasserwage, einem Thermometer und einer Sekundenuhr. Das Gefäß war cylindrisch, $11\frac{1}{2}$ Paris. Zoll hoch, und hatte 4 Zoll 11 Linien im Durchmesser. Dieß cylindrische Gefäß war noch mit einem andern umgeben, welches $5\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, und $11\frac{3}{4}$ Linien in der Höhe hatte, so daß zwischen den Wänden beyder Cylinder allenthalben, wie auch am Boden, $\frac{1}{4}$ Zoll Zwischenraum blieb. Dieser Zwischenraum wurde, bey Versuchen mit höhern Temperaturen, mit heißem Wasser von der verlangten Temperatur angefüllt, um dadurch für den innern Cylinder eine gleichförmigere und beständigere Erwärmung zu erhalten. Nahe am Boden des Cylinders war eine Oeffnung von $4\frac{1}{2}$ Linien im Durchmesser; durch diese Oeffnung gieng in horizontaler Richtung eine kurze blecherne Röhre, welche an die Wände des innern und äußern Cylinders angelöthet war. Zugleich wurde dafür gesorgt, daß nichts von dieser Röhre über die inwendige Fläche des Gefäßes hervorstand, sondern daß sie mit dem innern Cylinder so viel möglich eben gemacht wurde. Oben war dieses Gefäß mit einem darauf passenden, in der Mitte erhabenen Deckel versehen, der in seiner Mitte eine 9 Linien weite Oeffnung hatte, durch welche der Maaßstab des Schwimmers ganz frey, und ohne sich an den Rand der Oeffnung anzulehnen, nieder zu gehen pflegte.

Der Schwimmer bestand aus einem hölzernen Kreuze, dessen beyde Arme jeder $9\frac{1}{2}$ Linie breit, 2 Linien dick und 4 Zoll 8 Linien lang war, und das ein rundes, etwa $1\frac{1}{2}$ Linie dickes, senkrecht darauf gesteck-

tes Stäbchen trug, welches mit aller Sorgfalt in Zolle und Zehntelzolle eingetheilt war. Man setzte den Schwimmer sammt dem Stäbchen einige Stunden lang auf warmes Wasser, bis er sich vollkommen angetrunken hatte, und richtete dann die Abtheilungen des Maaßstäbchens so ein, daß jeder Theilungspunkt bey der Oberfläche des Deckels genau die Höhe des Wasserstandes über der Mitte der Ausflußöffnung anzeigte. Eben so wurde auch dieser Schwimmer vor dem Anfange eines jeden Versuchs einige Stunden lang auf Wasser gesetzt, damit er sich jedesmal vorher vollkommen antrinken, und bey den Versuchen selbst keine Unrichtigkeiten mehr veranlassen sollte. Ueberdieß wurde der Stand des Stäbchens während der Versuche noch mehrmals geprüft, und jeder Versuch, worin sich eine Unrichtigkeit vermuthen ließ, verworfen.

Die Glasröhren wurden aus einem sehr großen Vorrathe 6 bis 7 Fuß langer Barometerröhren gewählt. Man nahm hiebey vorzüglich auf gleiches reines Glas, ohne Knöpfe, und auf einen gleichförmigen Durchmesser Rücksicht. Die ausgewählten Röhren wurden noch einer sorgfältigern Prüfung unterworfen, indem man sie, so wie die gewöhnlichen Thermometerröhren, mittelst einer hineingelassenen 4 bis 5 Zoll langen Quecksilbersäule, Zoll für Zoll, prüfte. Nur diejenigen Stücke dieser Röhren, in welchen sich die Quecksilbersäule nicht über $\frac{1}{80}$ ihrer Länge änderte, wurden für tauglich angenommen. Das übrige wurde abgebrochen, und das Ende der Röhre bis auf die erforderliche Länge abgeschliffen. Endlich wurde die erwähnte Quecksilbersäule auf einer Probierwage genau abgewogen. Dieses Gewicht diente,

te, nebst der Länge, welche die Quecksilbersäule in der Röhre einnahm, den Durchmesser derselben weit genauer zu berechnen, als es durch irgend eine andere mikroskopische Messung möglich gewesen seyn würde.

Um den Einfluß, den die Verschiedenheit des Durchmessers der Röhren auf die Bewegung des Wassers hervorbringt, von dem Einflusse, den die Längen der Röhren haben, abzusondern, ließ er Röhren von verschiedenen Durchmessern genau einerley Länge geben, und dann diese Länge, bey möglichst ungeändertem Durchmesser, abändern.

Das eine Ende jeder Glasröhre wurde mit einem hölzernen zapfenförmigen Ansatze bekleidet, um sie damit sicherer und bequemer an das cylindrische Gefäß anstecken, und nach geendigtem Versuche wieder wegnehmen zu können. Die durchbohrte Oeffnung dieser zapfenförmigen Ansätze war genau so groß, als es die Stärke jeder Glasröhre erforderte, und der größere Umfang derselben paßte genau in die oben erwähnte blecherne Röhre des cylindrischen Gefäßes. Zugleich wurde dafür gesorgt, daß das Ende dieser Zapfen sammt dem Ende der durchgesteckten Glasröhre mit der innern Fläche des Gefäßes eine vollkommene Ebene bildete.

Die Wasserwage diente, sowohl den Tisch, worauf das Gefäß stand, als auch die Röhren vollkommen horizontal zu stellen. Röhren, deren Glas ein wenig gebogen war, wurden so gelegt, daß die Fläche ihrer Biegung horizontal zu liegen kam, damit nämlich die Bewegung des Wassers durch die Röhren, so viel möglich, weder steigen noch fallen, sondern in einer horizontalen Ebene fortgehen möchte.

Die Kugel des Thermometers hatte nur 3 Linien im Durchmesser, und der Zwischenraum zwischen dem Gefrierpunkte und Siedpunkte, der in 80 gleiche Theile getheilt war, eine Länge von 11 Zoll. Man konnte daher Zehntheile eines Grades sehr leicht unterscheiden.

Die Verfahrungsart war nun folgende: Nachdem das Gefäß und die angesteckte Röhre in die erforderliche horizontale Stellung gebracht, und die Ausflußöffnung der letztern gehörig verschlossen war, wurde in das Gefäß heißes Wasser gegossen, und der Schwimmer mit dem Maaßstabe darauf gesetzt. Man wartete nun die Zeit ab, bis durch allmählige Abkühlung die Temperatur des Wassers dem bestimmten Thermometergrade nahe kam. Geschah dieß, so wurde das Gefäß mit seinem Deckel verschlossen, die Ausflußöffnung der Röhre geöffnet, und das Auge mit dem Rande der Oeffnung des Deckels in horizontaler Lage gehalten; und in dieser Stellung wurden die Zeitsekunden bemerkt, in welchen die Abtheilungen des Maaßstabes unter die Ebene der Oeffnung hinabsinken.

Der Schwierigkeit, dem Wasser eine bestimmte Wärme zu geben, und sie eine so lange Zeit hindurch, als das volle Gefäß zu seiner Ausleerung, besonders bey engen Röhren, nöthig hatte, zu erhalten, wurde dadurch abgeholfen, daß man für jede Temperatur zwey Reihen Versuche machte, die erste bey einem um 1 oder 2 Grade höhern, und die zweyte bey einem gleichen oder eben so viel niedrigerm Grade; woraus sich die Zeitmomente für den dazwischen liegenden Thermometergrad sehr zuverlässig berechnen ließen.

Aus

Aus der großen Menge von Versuchen, welche Herr Gerstner anstellte, zog er diese Folgen:

1. Daß die Wärme, nicht etwa unbedeutende, sondern sehr beträchtliche Aenderungen in der Bewegung des Wassers verursacht.

2. Daß die Aenderungen, welche die Wärme in den Geschwindigkeiten des Wassers hervorbringt, beträchtlicher bey Röhren von einem kleinern, als bey Röhren von einem größern Durchmesser sind, und daß sie bey kleinern Geschwindigkeiten ansehnlicher als bey größern werden.

3. Der Einfluß der Wärme ist am größten in der Nähe des Gefrierpunkts. Auch ist es sehr sichtbar, daß dieser Einfluß überhaupt nicht im Verhältniß der Wärme zu- und abnehme, sondern sein Maximum habe, welches sowohl von der Geschwindigkeit des Wassers, als auch von der Größe des Durchmessers der Röhre abhängt.

4. Die bekannte Formel des Chevalier Büat gilt, wenigstens bey den Röhren des Herrn Gerstner, für keinen bestimmten Wärmegrad. Gewöhnlich giebt sie die größern Geschwindigkeiten zu klein, und die kleinen zu groß an.

5. Die Wärme allein ist aus dem Grunde, weil sie die Flüssigkeit vermehrt, schon hinreichend, den Kreislauf des Bluts und der Säfte zu beschleunigen. Der Puls schlägt geschwinder unter den heißen Himmelsstrichen, als unter den kalten. Bey Röhren von sehr geringen Durchmessern, wie z. B. diejenigen sind, wodurch die Arterien mit den Venen communiciren, verursacht die Wärme noch weit größere Aenderungen, als in den Versuchen gefunden ward.

6. Daraus erhellet ferner, daß die Vegetation in warmen Sommertagen besser von statten geht, als im Herbste und im Winter. Zugleich zeigt (3) die Ursache, warum für gewisse Pflanzen nur ein bestimmter Wärmegrad am zuträglichsten ist, und warum sie sich nicht nur bey abnehmender, sondern auch bey zunehmender Wärme schlechter befinden.

7. Endlich erklären sich hieraus viele Erscheinungen, die bey dem Laufe des Wassers in Röhren, Kanälen und Flüssen beobachtet werden. In unbedeckten Gerinnen bleibt das Wasser sehr auffallend zurück, wenn Schnee hineinfällt. Ungeachtet das Wasser noch nicht gefriert, so bildet sich hiebey ein Grundeis, welches dem Wasser mehr Consistenz giebt, und auf eine in die Augen fallende mechanische Art die Verzögerung des Wassers sichtbar macht.

Ueber den Ausfluß der flüssigen Materien aus Oeffnungen in Gefäßen hat Samuel Vince p) neue Untersuchungen angestellt, und gefunden, daß die Bernoulli'sche Theorie keinesweges auf alle Fälle anwendbar sey, daß sie aber in gewissen Fällen zu Resultaten führe, welche mit der Erfahrung sehr gut übereinstimmen. Daraus folge, daß entweder die allgemeinen Lehren von der Bewegung sich auf die Bewegung des Wassers nicht anwenden ließen, oder daß dieses Zusammenstimmen nur zufällig sey. Welches von beyden der Fall sey, möchte nicht leicht auszumachen seyn.

Noch weiter hat Venturi q) diese Untersuchungen getrieben, und bey der Bewegung des Wassers

p) Philos. Transact. 1795. p. 24. 1798.
q) Recherches experiment. sur le principe de communication

sers und den Einfluß derselben durch Röhren nebst mehreren andern Erscheinungen glücklich erklärt, von welchen man bisher nicht gehörig Rechenschaft geben konnte.

Die historische Erzählung aller dieser Theorien gehört aber mehr in die Geschichte der Mathematik, als hieher.

Die vorzüglichen neuern hieher gehörigen Lehrbücher der Hydraulik sind die von Bernhard r), Bossuet s), Karl Chr. Langsdorf t), Joh. Georg Büsch u), von Büat x), und von Prony y).

Erstes

tion laterale dans les fluides, appliqué à l'explication de différens phénoménes hydrauliques. Paris 1797. 8.

r) Neue Grundlehren der Hydraulik mit ihrer Anwendung auf die wichtigsten Theile der Hydrotechnik; a. d. Franz. übers. und mit Anmerk. herausgeg. von Langsdorf. Gießen 1790. 8.

s) Lehrbegriff der Hydrodynamik nach Theorie und Erfahrung; aus d. Franz. mit Anmerk. und Zus. v. Langsdorf. 2 Bände. Frankf. am Mayn. 1791. 1792. 8.

t) Lehrbegriff der Hydraulik mit beständiger Rücksicht auf die Erfahrung. Altenb. 1794. 4. Fortsetzung des Lehrbegriffs der Hydraulik, welche eine Theorie der Schwungräder und ihrer Anwendung bey Maschinen enthält. Altenb. 1796.

u) Versuch einer Mathematik zum Nutzen und Vergnügen des bürgerl. Lebens 3ten Theils 2ter Band. Hamb. 1796.

x) Grundlehren der Hydraulik; aus d. Franz. übers. mit Anmerk. und Zusätzen von Joh. Friedr. Lempe. Th. I. Leipz. 1796.

y) Nouvelle architecture hydraulique &c. prém. part. à Paris 1790. sec. part. contenant la description detail-

 lée

Erstes Kapitel.

Entdeckungen in der Lehre vom Gleichgewichte und von der Bewegung der Luft.

Schwere oder Druck der Luft.

Der Bürger Conté, Director der zu Meudon errichteten aerostatischen Schule hat den Gedanken gehabt, den Druck der Luft durch den Zeitverlust zu messen, den man beobachten kann, wenn man aus einem Gefäße, worin sich die Luft auf einerley Grad verdünnt befindet, Flüssigkeiten, z. B. Wasser oder Quecksilber, ausströmen läßt. Er hat sich hiezu anfänglich eines Gefäßes, aus zwey hohlen durch Federn von einander gehaltenen und genau auf einander passenden Schalen bestehend, bedient, nachher aber solche Vorrichtungen gewählt, wo sich die Luft im innern Raume durch Ausziehung eines dabey angebrachten Kolbens bis auf einen gewissen Grad verdünnen ließ. Die Versuche haben ihm für verschiedene Höhen merklich verschiedene Resultate gegeben; auch war das neueste dieser Werkzeuge so eingerichtet, daß man das in den Raum der verdünnten Luft eingedrungene Quecksilber

lée des machines à feu. à Paris 1796. 4. Neue Architectura Hydraulika vom H. von Prony. Th. I. B. 1. welcher die Statik, Dynamik, Hydrostatik und Hydrodynamik enthält; aus d. Franz. v. Langsdorf. Frankf. am Mayn 1791. 4. Th. I. B. 2.; welcher die allgemeinen Lehren von Maschinen und dabey anwendbaren Kräften und die physischen Umstände enthält, welche auf Gleichgewicht und Bewegung Einfluß haben. Frankf. am Mayn 1795. 4.

silber nicht bloß nach dem Zeitmaaße, sondern nach dem absoluten Gewichte und mit andern Einströmungen vergleichen konnte. Als er einen solchen Versuch an der Wasserfläche der Seine und auf dem Altane des Schlosses zu Meudon anstellte, erhielt er einen Unterschied von 9 Sekunden in der Dauer der beyden Ausflüsse, für eine Veränderung in der Höhe, bey der das Barometer 4 Linien fiel. Bey der Gewichtsbestimmung zeigte sich die Empfindlichkeit dieses Instruments so groß, daß, als man es nach der Füllung auf dem Platz der ehemaligen Notre-Dame-Kirche auf einen 204 Fuß hohen Thurm derselben trug, 1877 Gran Quecksilber ausflossen, welches für 1 Fuß ohngefähr 9 Gran giebt. Zu bemerken ist, daß die Verschiedenheit der Temperatur sehr vielen Einfluß auf dieses Werkzeug hat.

Barometer und Barometerveränderungen.

Nachdem Herr de Lüc die Barometer auf eine so vorzügliche Art verbessert, und zugleich das Auskochen des Quecksilbers als eine der wesentlichen Eigenschaften eines guten Barometers empfohlen hatte, so sind nach der Zeit mehrere Physiker beschäfftigt gewesen, theils neue Einrichtungen, theils mehrere Vollkommenheiten an den Barometern anzubringen.

Da man das Heberbarometer, wenn die Schenkel desselben eine durchaus gleiche Weite besitzen, als das beste unter allen andern Barometern gefunden hatte, so kann man leicht denken, daß Mehrere sich Mühe geben würden, an der von de Lüc angegebenen Einrichtung wo möglich einige Verbesserungen anzubringen. An Herrn de Lüc's Barometer war sowohl der längere als der kürzere Schenkel mit einer Skale versehen,

sehen, und man mußte bey jeder Beobachtung auf beyde Skalen sehen, um den jedesmaligen Barometerstand zu erhalten. Herr Luz [z]) machte dagegen die Skale am Heberbarometer beweglich, und dadurch die Beobachtung am kurzen Schenkel entbehrlich. Ueberdieß verbesserte Herr Luz dieß Barometer noch dadurch, daß er die Röhre selbst beweglich machte, um sogleich, ohne vorher, wie gewöhnlich, das Niveau berichtigen zu müssen, die jedesmahlige Barometerhöhe zu erhalten.

Schon vor Herrn de Lüc hatte ein holländischer Künstler, Prins, ein Mittel gefunden, die sogenannten Gefäßbarometer dadurch zu verbessern, daß er das Niveau des Quecksilbers im Gefäße beständig gleich hoch erhielt. Er setzte nämlich bey der einfachen Einrichtung der Torricellischen Röhre über die Quecksilberfläche im Gefäße einen Deckel mit einer Oeffnung in der Mitte, durch welche die Torricellische Röhre hindurch gieng, ohne seinen Rand zu berühren. Das Gefäß war mit Quecksilber gefüllt, welches selbst bey der größten Barometerhöhe noch bis über die Oeffnung des Deckels hervortrat, und sich in Gestalt eines Ringes um die Röhre legte. Fiel nun das Barometer, so stieg zwar mehr Quecksilber über die Oeffnung des Deckels hervor, trat aber daselbst nicht höher, sondern machte nur, daß der um die Glasröhre gehende Quecksilberring sich ausbreitete und nach und nach den ganzen Deckel bedeckte. So sinnreich diese Einrichtung war, so ist sie doch lange Zeit hindurch nicht in Gebrauch gekommen, bis endlich Herr de Lüc sie wieder in Erinnerung brachte,

z) Vollständige Beschreibung von Barometern. Nürnb. u. Leipz. 1784. 8. S. 163. f.

brachte, und dadurch die Neuern veranlaßte, sie mit Vortheil zu gebrauchen.

Eine Verbesserung der Prinsschen Einrichtung schlägt Herr Luz [a]) vor. Seiner Beschreibung nach ist sie folgende: das Gefäß besteht aus hartem Holze, auf welches ein Deckel von beliebiger Gestalt gesteckt wird, um das Quecksilber im Gefäße gegen den Staub zu sichern; in der Mitte hat dieser Deckel ein Loch von der Größe, daß die Barometerröhre hineinpaßt. Das Gefäß hat äußerlich die Form eines Cylinders. Ist nun die Barometerröhre gehörig gefüllt und ausgekocht, so wird sie eingeküttet. Auch hat Luz dieses Barometer zum Reisebarometer einzurichten gelehrt.

Der Herr Mechanikus Brander [b]) in Augsburg machte ebenfalls im Jahre 1772 zwey neue Barometer bekannt. Bey der ersten Einrichtung ist das ganze Barometer an ein Bret angeschraubt, in welches seiner ganzen Länge nach ein breiter Falz eingehobelt ist, worin ein eben so breites Lineal hineinpaßt, das darin ohngefähr einen halben Zoll sich hinauf und herab schieben läßt. Auf diesem Lineal, welches vermittelst dreyer messingener Kopfschrauben an dem Bret festgehalten wird, befindet sich nahe an der Glasröhre ein Maasstab, wodurch der Paris. Fuß in

a) Beschreibung von Barometern. Nürnb. u. Leipz. 1784. 8. §. 131. f.

b) Kurze Beschreibung zweyer besonderer und neuer Barometer, welche sich nicht nur verschließen, und sicher von einem Ort zum andern bringen lassen, sondern auch zu Höhenbeobachtungen vorzüglich zu gebrauchen sind, als ein Zusatz zu des H. du Crest Sammlung kleiner Schriften von Thermometern und Barometern. Augsburg 1772. 8.

in Zoll und Linien, und durch die Zahlen von 1 bis 28 unterschieden worden ist. Neben diesem Maasstabe sind auch verschiedene mittlere Höhenbeobachtungen angezeigt. Auf beyden Seiten sind noch zwey andere Maasstäbe angebracht, welche verschiedene Beobachtungen von Barometerhöhen enthalten.

Das andere Barometer hat folgende Einrichtung. Das Bret, worauf das Barometer fest gemacht worden, ist von dem vorhergehenden nur darin verschieden, daß hier keine bewegliche Regel angebracht worden, sondern der Maasstab der Zolle und Linien sogleich auf das Bret gezeichnet ist. Die übrige Einrichtung ist wenig verschieden von der vorigen.

Der Ritter Landriani hat nach dem Herrn von Magellan c) ein eigenes Barometer erfunden, welches letzterer das stereometrische Barometer nennt, weil es aus der ausgeflossenen Menge Quecksilber besteht, das von einer bestimmten Höhe herab gefallen ist. Es ist das Heberbarometer des Herrn de Lüc, an dessen kurzen Schenkel eine elfenbeinerne Büchse gekittet ist, aus welcher das Quecksilber mittelst eines, wie bey einer Luftpumpe, doppelt durchborten Hahns in einen Trichter, woran eine engere durchaus gleich weite Röhre, als die Barometerröhre selbst ist, gekittet worden, abgelassen werden kann. Da sich nun in der engen Röhre, an welche der Trichter gekittet worden, das abgezapfte Quecksilber weiter als in der Barometerröhre selbst verbreiten kann, so erhält man dadurch ein Mittel, noch kleinere Theile, als die Linien des Barometers sind, zu

c) Beschreibung neuer Barometer, nebst Anweisung zum Gebrauch derselben. Leipz. 1782. 8.

zu bestimmen. Hierdurch läßt sich also finden, um wie viele Linien und um wie viele Theile derselben das Barometer von seiner höchsten Höhe herabgefallen ist. Allein da das abgezapfte Quecksilber allemal wieder in die elfenbeinerne Büchse gegossen werden muß, so verursacht dieses nicht allein Zeitverlust bey jeder Beobachtung, sondern man ist auch der Gefahr ausgesetzt, beym Ablassen und beym Einlassen Quecksilber zu verlieren oder auch mit Schmutz zu vermischen, so daß dieses Barometer zum Gebrauche eben nicht zu empfehlen ist.

Herr Magellan selbst hat eine von ihm erfundene Einrichtung des Barometers angegeben, welches er das Barometer mit dem Sektor nennt, weil die Röhre bey jeder Veränderung der Quecksilbersäule geneigt werden muß, so daß dadurch, an einer Skale abgemessen, der Stand des Barometers angegeben werden soll. Um nun dieß zu bewerkstelligen, soll man das Heberbarometer um einen Punkt am längern Schenkel beweglich machen, dasselbe in eine schiefe Lage bringen, bis das Quecksilber im kürzern Schenkel die auf dem Bret verzeichnete Horizontalfläche oo erreiche. Allein eine solche Künsteley erschwert die Beobachtungen sehr, anderer Schwierigkeiten dabey nicht zu gedenken, welche sie unsicher machen.

Auch giebt Magellan eine sehr undeutliche Beschreibung eines Reisebarometers, welches ein Heberbarometer ist, dessen beyde Schenkel durch ein Gefäß verbunden sind. Das Gefäß besteht aus zwey zusammengeschraubten Theilen. Der obere Theil endigt sich unten in einen ledernen Beutel, welcher das Quecksilber trägt. Durch den Boden des untern Theils geht eine Schraube mit einer Platte, durch wel-

welche man den ledernen Beutel zusammendrucken oder nachlassen, und so mehr oder weniger Quecksilber nach Gefallen in beyde Schenkel des Barometers bringen kann. Man soll bey der Beobachtung die Schraube so stellen, daß das Quecksilber im kürzern Schenkel gerade an die Horizontallinie tritt, auf welche sich die Skale bezieht; beym Mitführen auf Reisen, soll man den Beutel so zusammenschrauben, daß der längere Schenkel ganz mit Quecksilber angefüllt wird.

D. Hooke und Amontons hatten vorgeschlagen, mit dem Meerbarometer ein gewöhnliches Thermometer zu verbinden, um zu sehen, welcher Theil der Veränderungen von der Wärme herrühre. (Th. II. S. 424.) Diesen Vorschlag hat Magellan dadurch verbessert, daß er das Instrument mit Quecksilber füllt, und, um den Druck dieses Quecksilbers auf die Luft aufzuheben, umkehrt. Nun küttet er dieses Luftthermometer auf ein hölzernes Kästchen, welches das Quecksilber in einem ledernen Beutel enthält, der mit einer Schraube zusammengedruckt werden kann. Mit diesem Quecksilber ist noch eine auf das Kästchen aufgesetzte Glasröhre verbunden, in welcher man vermittelst der Schraube das Quecksilber eben so hoch stellt, als es im Luftthermometer steht. So halten sich beyde Quecksilbersäulen das Gleichgewicht, und der Druck der Atmosphäre auf die Luft in der Kugel wird vom Quecksilber nicht mehr geändert. Herr Luz hat hiebey noch mehr Verbesserungen angebracht; allein die von ihm vorgeschlagene Einrichtung der Skale ist sowohl für das Barometer, als auch für das dazu gehörige Thermometer, schwer auszuführen.

Was

Was die Kapselbarometer betrifft, so hat Herr Changeux [e]) selbige noch mit einer kleinen Röhre (fig. 14.) de versehen, welche von d gegen e hin etwa um 1 Linie in die Höhe geht, und bey e aufwärts gebogen und offen ist. Auf diese Weise, glaubt er, werde das Quecksilber nie über d steigen, folglich die Horizontalfläche in dem Behältnisse beym Steigen und Fallen des Quecksilbers in der Barometerröhre eine und die nämliche bleiben. Allein weil die Röhre de schief stehen muß, damit das hineingetretene Quecksilber wieder herauslaufen könne, so wird in der That das Quecksilber in dem Behältnisse um 1 Linie höher gestiegen seyn, wenn die Röhre de ganz voll ist; folglich wird die Absicht dadurch nicht erreicht.

Auch giebt Changeux Reisebarometer an, welche, auf einen Berg getragen oder in eine Tiefe gebracht, den Barometerstand der Höhe oder Tiefe selbst angeben sollen, wenn sie zurückkommen. Sie sind Heberbarometer. Für die Höhen wird ein Appendix, wie de, nur heruntewärts geneigt, an den kürzern Schenkel angebracht, und so viel Quecksilber eingefüllt, daß es gerade bis an den Appendix reicht. Auf dem Berge wird daher so viel Quecksilber, als in den kürzern Schenkel steigt, in den Appendix laufen, und durch die Menge desselben soll der Barometerstand auf dem Berge berechnet werden. Für Beobachtungen in der Tiefe bringt er den Appendix an den längern Schenkel, hierauf wird in der Höhe wiederum so viel Quecksilber eingefüllt, daß es gerade bis an den Appendix steht. Sobald nun das Barometer in die Tie-

d) Description de nouveaux barométres à appendice. Journal de physique. May 1783.

Tiefe hinabgelassen wird, so steigt das Quecksilber in der längern Röhre, und läuft in den Appendix, da alsdann wiederum durch die Menge des in den Appendix gelaufenen Quecksilbers der Barometerstand berechnet werden soll. Diese Barometer sind aber unausführbar.

Ein anderes Reisebarometer erfand Assier Perica [e]), dessen Einrichtung von dem Magellan'schen Reisebarometer nicht viel verschieden ist. Der Quecksilberbehälter ist der vorzüglichste Theil an diesem Barometer. An dem obern Theile des Behälters ist eine Schraube von Elfenbein angebracht, welche dazu dient, die Luft durch den hinter ihr befindlichen Kanal in das Innere des Behälters über das Quecksilber zu leiten, und sie mit der Atmosphäre in Verbindung zu erhalten. Auf der Oberfläche des Quecksilbers in dem Behälter liegt eine elfenbeinerne Scheibe, durch deren Mitte die Barometerröhre in das Quecksilber geht. Diese Scheibe ist an einer Seite noch einmal durchbort, durch welche Oeffnung ein Stängelchen von Elfenbein geht, an welchem eine Linie gezeichnet ist, welche dazu dient, bey jedem wiederholten Gebrauch des Barometers den nämlichen Standpunkt der Oberfläche des Quecksilbers in dem Behälter wieder zu finden, und festzusetzen. Das Stück Buchsbaum, in welches die Glasröhre gekittet ist, schraubt sich in einen ebenfalls buchsbaumenen Ring. In diesen Ring ist eine Flasche von Krystall an ihrem obern Ende, und unten in einen andern Ring von Buchsbaum eingekittet, welcher in ein anderes Stück eingeschraubt ist, um daran einen leder-

e) Lichtenberg Magazin für das Neueste aus d. Phys. B. I. St. 3. S. 98.

ledernen Beutel befestigen zu können, der so viel Queck- silber faßt, als erfordert wird, die Flasche von Kry- stall damit anzufüllen. Wird nun die Schraube in dem Boden des Untersatzes aufwärts bewegt, so wird das Quecksilber aus dem Beutel in die Krystallfla- sche getrieben, und diese dergestalt damit angefüllt, daß die Quecksilbersäule in der Glasröhre sich bis an das Ende erhebt, und auf diese Art alles Schwan- ken derselben verhindert wird. Dadurch soll immer die Horizontalebne im Behältniß erhalten, und bey Reisen das Quecksilber eingeschlossen werden.

Um eben diese Zeit erhielt auch das Meerbaro- meter durch Herrn Blondeau [f]) einen größern Grad der Vollkommenheit; daher dasselbe auch bey der französischen Marine durchgängig eingeführt wur- de. Dieß Barometer stellt die fig. 15. dar. Es ist das de Lüc'sche Reisebarometer, nur ganz, selbst bis auf den Hahn g, von Eisen verfertigt. Der Schlüssel des Hahns hat nur ein ganz enges Loch, wird auch nie ganz aufgedreht. Auf solche Art kann nur wenig Quecksilber auf einmal durch den Hahn gehen, das Schwanken des Schiffs also wenig Einfluß darauf haben. Bey a, wo der längere Schenkel angeschraubt ist, hat die Schraube auch nur eine enge Oeffnung bb, theils um das Schwanken noch mehr zu verhin- dern, theils, damit beym Umkehren das Quecksilber nicht zu schnell von oben herabfalle, und Luft in den obern Raum komme. Damit das eingeschlossene Quecksilber den Veränderungen der Wärme besser nachgeben könne (da hier der Hahn von Eisen ist, und nicht,

f) Lichtenberg Magazin für das Neueste aus d. Phys. B. I. St. 3. S. 80 u. f.

nicht, wie der von Kork bey de Lüc, nachgiebt), so wird bey c eine Oeffnung angebracht und bey d mit einer Blase überspannt, gegen welche eine Feder e das Kissen f andrückt, welche Einrichtung schon de Lüc gewählt hatte, aber nachher, da er den Hahn von Kork machte, wieder aufgab. Weil beyde Schenkel undurchsichtig sind, so wird auf die Quecksilbersäule im kürzern Schenkel ein Stück Elfenbein h aufgesetzt, von welchem ein eiserner Drath durch eine enge Oeffnung des Deckels i herausgeht. Das Ende k bemerkt durch sein Steigen und Fallen die Veränderungen des Barometers. Weil man die Beobachtungen nur am kurzen Schenkel macht, in welchem die Quecksilbersäule durch die Wärme nicht sehr geändert wird, so hat hier die Wärme wenig Einfluß.

Herr Rosenthal [g]) in Nordhausen wurde durch den Ruf, den das de Lüc'sche Barometer erhalten hatte, bewogen, sich ein solches zu verfertigen. Bey genauerer Betrachtung der Methode, sowohl den Barometerstand zu finden, als auch denselben zu berichtigen, glaubte er zu finden, daß demselben noch manches an derjenigen Vollkommenheit fehle, die man an ihm zu finden hoffte. Er dachte daher darauf, eine Einrichtung zu erfinden, welche unter allen die größte Vollkommenheit besäße, und glaubte an dem de Lüc'schen Barometer verschiedene Mängel zu finden, welche er zu verbessern suchte. Dieß geschieht in einer Reihe von Briefen an den Barometermacher Schiaretto. Im ersten und zweyten Briefe untersucht

g) Beyträge zur Verfertigung, wissenschaftlichen Kenntniß und dem Gebrauche meteorologischer Werkzeuge. Gotha 1782. 8. I. B. Anleitung, das de Lüc'sche Barometer zu einem höhern Grad der Vollkommenheit zu bringen. Gotha 1779. 8.

sucht er die Ausdehnung einer 27 Zoll langen Quecksilbersäule zwischen den beyden festen Punkten selbst, und vergleicht diese mit andern Versuchen verschiedener Physiker. Wie nun Rosenthal hiebey weiter zu Werke gegangen ist, soll weiter unten erzählt werden.

Die äußere Gestalt dieses Barometers ist folgende: das Stück der Barometerröhre des langen Schenkels, in welchem das mögliche Fallen und Steigen vorgeht, ist 1600 bis 1800 Scrup. lang. Die nämliche Länge hat auch der kleine Schenkel. Beyde Schenkel müssen aber vollkommen einerley Caliber haben. Der große Schenkel wird 6000 bis 6400 Scrup. lang gemacht.

An dem kleinern Schenkel unten wird ein Theil über der Lampe glühend gemacht, und aus einander gezogen, damit er an dieser Stelle eine konische Gestalt erhalte. Nun wird ein Deckel von Elfenbein gemacht, in selbigen ein Stückchen Fischbein gesteckt, und an dieses ein kleines Stückchen Kork, welches konisch zugefeilt ist, befestigt. Wenn alsdann das Barometer geneigt worden, so schiebt man das Korkstöpselchen mit dem fischbeinernen Stäbchen in den kurzen Schenkel. Da sich nun der kurze Schenkel unten verengt, so kann man den Kork fest einzwängen, und das Barometer verschließen.

Herr Luz bemerkt, daß diese Einrichtung zwar einfach sey; ob sie aber die beste sey, daran zweifle er. 1. Werde durch das Verengern der Röhre das Quecksilber in seiner freyen Bewegung etwas gehindert; 2. muß die Masse der Röhre durch das Auseinanderziehen derselben geschwächt werden, und es stehe zu besorgen, daß entweder bey heftigen Stößen

auf der Reise, oder wenn man das Stöpselchen fest eindrehen wolle, der kurze Schenkel leicht abgebrochen werden könne. Endlich 3. sey es sehr schwer, wenn besonders die Röhre nicht sehr weit ist, ein Korkstöpselchen an das Fischbein zu befestigen, und so genau auszuarbeiten, daß es das alles durchdringende Quecksilber fest einschließe. Da nun noch überdieß die Röhre an dem Ort, wo das Stöpselchen schließt, konisch zugehe, so könne der Kork darin nicht so fest schließen, als wenn die Röhre vollkommen cylindrisch wäre.

Herr Schröder in Gotha, welcher mit Herrn Rosenthal bekannt wurde, machte letztern auf einige Fehler seines von Schiaretto verfertigten Barometers aufmerksam. Besonders verbesserte Schröder die Rosenthal'sche Skale und die Genauigkeit des Beobachtens selbst, und gab auch dem Barometer eine Vorrichtung zum Aufhängen. Rosenthal's Skale war mit dem Luz'schen Mikrometer durch Transversallinien und einem Winkelhaken als Index versehen; allein Schröder zeigte Rosenthal'n, daß ein solcher Winkelhaken sehr trügerisch seyn könne, und, wenn er nicht äußerst genau gearbeitet und die Kante der Einfassung, wo sich seine hintere Seite anlegt, nicht genau genug geebnet sey, beträchtliche Fehler verursache. Daher schlug er statt des Mikrometers mit Transversalen den Nonius vor. Dieser Nonius sollte 16 Theile der Linie angeben, die Skale aber nicht mit Zollen und Linien, sondern mit der Zahl der Sechzehntheile, welche diese enthielten, von unten hinauf bezeichnet seyn, um die Rechnung zu erleichtern.

Der

Der Herr Legationsrath Lichtenberg [h]) führt noch ein wohl eingerichtetes Reisebarometer mit einer Büchse an, wobey die Prins'sche Einrichtung angebracht ist, und das Quecksilber durch das Herausschrauben eines Stempels in die Röhre gebracht und darin verschlossen werden kann.

Von den bisher beschriebenen Reisebarometern zeichneten sich die de Lüc'schen unter allen am meisten aus. Ein ähnliches verfertigte auch Ramsden in England. Indessen glaubte Herr Hurter [i]), daß dieses Barometer zu sehr zusammengesetzt sey, und bemühte sich, ein Barometer zu verfertigen, welches wegen seiner einfachen Einrichtung und seiner Sicherheit vor allen andern einen Vorzug verdiene. Das Wesentlichste dieses Barometers besteht in folgendem: Es kann auf ein Stativ mit drey Füßen gestellt, und durch vier in die Seiten eines Rahmens gebrachte Richtschrauben vertikal gestellt werden: ein herabhangendes Pendel giebt diese Stellung an. Neben der Röhre ist auf einer Seite die französische, auf der andern die englische Skale auf das Bret verzeichnet. Die französischen Zolle sind in 12 Linien getheilt; 9 derselben, die in 10 Theile getheilt sind, geben durch einen Nonius Zehntheile der Linie an. Die englischen Zolle sind in 20 Theile getheilt; 24 davon auf dem Nonius in 25 Theile getheilt, stellen Fünfhunderttheile, oder, wenn man sie doppelt zählt, Tausendtheile des Zolls dar. Dieser Nonius kann durch eine darüber

h) Magazin für das Neueste a. d. Phys. B. II. St. 1. S. 129.

i) Journal de phys. 1786. Nov. Gothaisch. Magazin für das Neueste a. d. Phys. B. V. St. 4. S. 84.

darüber befindliche Druckschraube auf- und niederbewegt, und aufs genaueste gestellt werden.

Die Röhre wird an das Bret durch eine Art von Gabel gehalten, die mit dem Schraubenkopfe des Vernier in Verbindung steht. Beym Hin- und Hertragen macht man sie fest, damit sie nicht an das Bret anschlage. Will man sie losmachen, so muß man den Schraubenkopf ein wenig unterwärts ziehen. Unten am Behältniß befindet sich ein Thermometer mit der Fahrenheit'schen und Reaumür'schen Skale.

Das Behältniß ist an seinem untern Theile an einen mit Schraubengängen versehenen Cylinder befestigt. Dieser läßt sich in einen andern Cylinder hinunterschrauben, wodurch man das Behältniß nach Gefallen erheben und senken kann. Der innere Theil des Schraubencylinders enthält eine Spiralfeder, die mit dem einen Ende etwas hervortritt, und durch das Einschrauben des Behältnisses zusammengedruckt wird. Gleich über der Feder ist ein Stückchen Haut befestigt, welche das Behältniß verschließt, aber äußerst schlaff seyn muß, damit es jedem Drucke des Quecksilbers und der Feder leicht nachgeben könne. Endlich ist am untern Theile der Barometerröhre ein hölzerner Cylinder, der ganz genau auf die im Boden des Behältnisses befindliche und mit der Haut bedeckte Oeffnung paßt. Wird nun das Behältniß gegen die Oeffnung des Cylinders geschroben, so wird alle Gemeinschaft der Barometerröhre mit der äußern Luft gehindert.

Auf diese Art kann nun das Quecksilber, wenn das Barometer nicht gebraucht wird, in der damit ganz angefüllten Röhre fest verschlossen, aus dem Behältnisse aber ganz ausgegossen und in einer besondern

Büchse

Büchse von Buchsbaumholz aufbewahrt werden, aus der man es alsdann erst in das Behältniß schüttet, wenn man eine Beobachtung mit dem Barometer machen will. So kann das Instrument durch keinen Stoß beschädigt werden, da die Menge Quecksilber, die sich in der Röhre befindet, sehr gering ist, und die Feder sogleich nachgiebt, wenn ja durch irgend eine Ursache ein zu starker Druck in derselben entstehen sollte.

Will man Gebrauch von diesem Barometer machen, so schüttet man Quecksilber in das Behältniß, und schraubt dieses herunter, da denn sogleich das Quecksilber in der Barometerröhre herabsinken wird. Ist dasselbe ohngefähr auf seinen gehörigen Punkt gekommen, welches man an der Skale sehen kann, so berichtigt man seinen Stand nun ganz genau, indem man nach Erfordern wieder ein wenig aufwärts schraubt. Um diesen richtigen Stand, nach welchem die Skale gestellt ist, zu bemerken, dient ein elfenbeinerner Schwimmer, der mit seiner Spitze an einen am Ende des hölzernen Cylinders befindlichen schwarzen Zirkel zeigen muß, wenn das Quecksilber im Behältnisse, auf dessen Oberfläche er schwimmt, die gehörige Höhe hat. In diesem Zustande ist nun das Instrument zum Gebrauch geschickt.

Will man es nach dem Gebrauch wieder ausleeren, so muß man es zuerst ein wenig neigen, um das Quecksilber ganz hinauf bis an das Ende der Röhre zu bringen. Man muß aber hiebey die Röhre nicht zu sehr neigen, und mit dem Behältnisse, das man ein wenig nach der Seite erhebt, nachhelfen, damit der Röhre unteres Ende beständig im Quecksilber eingetaucht bleibe. Sobald die Röhre ganz voll ist,

 schließt

schließt man sie unten genau zu, und gießt das überflüssige Quecksilber aus dem Behältnisse wieder in die kleine Büchse.

Um das ganze Instrument zusammenzupacken, nimmt man die Stangen, welche den Rahmen mit den Richtschrauben tragen, hinweg, und legt sie in die Einschnitte, welche zu dieser Absicht in den Füßen des Stativs gemacht sind. Die Füße werden heraufgeschlagen, und schließen sich durch Stifte fest an den obern Theil des Stativs an. An dasselbe werden auch noch zwey andere Stücken Holz gelegt, eines gegen das Thermometer, um es zu verwahren, das andere auf die entgegengesetzte Seite, um jenes einzunehmen. Durch diese Vorsicht ist nun das Barometer vollkommen gesichert. Den Rahmen mit den vier Richtschrauben muß man besonders bey sich tragen.

Herr Haas [k]) giebt noch einige Verbesserungen dieses Hurter'schen Reisebarometers an. Mit diesen kann es sowohl stehend, als auch mit zusammengelegten Füßen hängend gebraucht werden. Die Hauptsache aber ist, daß der Behälter, der bey der vorigen Einrichtung offen blieb, bey dieser verschlossen ist, um das beschwerliche Aus- und Eingießen des Quecksilbers zu vermeiden. Dagegen muß nun aber die Gemeinschaft des Quecksilbers in der Röhre mit dem im Behältnisse abgeschnitten werden, wenn man das Instrument tragbar machen und versenden will.

Zu dieser Absicht erhält der untere Theil des Behälters eine Feder, die, wenn das untere Ende der Barometerröhre verschlossen ist, auf die kleine Queck-

silber-

k) Gren Journal der Physik. B. VII. S. 238. u. f.

silberfläche in der Röhre so wirkt, daß, wenn man das Barometer aufrecht hält und ziemlich stark rüttelt, nur sehr schwache Schläge gegen das obere Ende der Röhre zu hören sind. Diese Feder giebt auch der Ausdehnung und Verkürzung der Quecksilbersäule nach. An des Behälters oberer Fläche ist ein Schräubchen, dessen unteres Ende mit einem Stückchen Messing in Verbindung steht, welches eine kleine Oeffnung verschließt, die an der obern Fläche in das Innere gebohrt ist.

Wenn man nun das Barometer gebrauchen will, so dreht man zwey mit einander verbundene gekränzelte Kauten, die sich am Boden des Behälters befinden, so lange rechts, bis das Quecksilber in der Röhre zu sinken aufhört. Hernach schraubt man das eben erwähnte Schräubchen mit dem daran befindlichen Stückchen Messing aufwärts, und eröffnet dadurch der äußern Luft den Zutritt in den Behälter. Um nun der Quecksilberfläche in dem letztern den gehörigen Stand zu geben, dreht man die gekränzelten Kanten so lange rechts und links, bis das Ende des Stäbchens, welches man jetzt in dem Loche des Behälters sieht, mit der Oberfläche desselben gleich zu stehen kömmt. Dieses Stäbchen ist in Verbindung mit dem elfenbeinernen Schwimmer auf der Quecksilberfläche, und zeigt in der angegebenen Stellung an, daß diese Fläche den gehörigen Stand habe, und das Instrument zur Beobachtung geschickt sey.

Um es nachher wieder tragbar zu machen, verschließt man zuerst das Loch in dem Behälter mit dem Stückchen Messing, welches fest gegen denselben geschroben werden muß, und kehrt alsdann das Barometer um. Nun findet man zu äußerst an dem un-

tern Theile des Behälters eine Schraubenmutter, welche jetzt nach dem Ende zu geschraubt werden muß. Durch diese Umdrehung wird die Feder vermittelst eines daran befindlichen Stifts zusammengezogen, und die Umdrehung muß so lange fortgesetzt werden, bis das Ende dieses Stifts mit dem Ende eines Draths, der hiezu das Merkmal abgiebt, gleich zu stehen kommt. Ist dies geschehen, so dreht man die vorhin erwähnten gekränzelten Kanten so lange zurück, bis sie stark widerstehen. Dadurch wird das Ende der Barometerröhre verschlossen. Endlich wird die Schraubenmutter wieder zurückgedreht, bis sie gegen die Fläche der Kanten anstößt; dadurch wird die Feder wieder losgelassen, und wirkt nun gehörig auf die in der Röhre eingeschlossene Quecksilbersäule, so daß das Instrument in diesem Zustande tragbar ist.

Eine andere Einrichtung des Reisebarometers wird von Gilbert Austin [m]) angegeben. Die Barometerröhre steht in einer Büchse, woraus überflüssiges Quecksilber in einen Sack laufen kann. Um das Werkzeug tragbar zu machen, wird die Röhre umgekehrt, und das Quecksilber aus dem Sacke in die Büchse getrieben, um damit sowohl diese als die Röhre vollkommen anzufüllen.

Herr Hamilton [n]) hat eine Beschreibung eines neuen Reisebarometers zu Höhenmessungen gegeben, dessen Einrichtung sich auf die Voraussetzung gründet,

m) Description of a portable barometer, read Dec. 4. 1790. in den Transact. of the Royal Irish Academy. Vol. IV. Dublin. 4.

n) On a new kind of portable Barometer for measuring heigths by *Jam. Archib. Hamilton.* ibid. Vol. V. (1793-1794.) p. 15.

det, daß der Kork eine Substanz sey, welche zwar Luft, aber kein Quecksilber durch ihre Zwischenräume läßt, einige besondere Fälle ausgenommen, wo man es mit Gewalt durchgepreßt hat. Das Barometer besteht aus einer Röhre von 30 Zoll Länge und einem elfenbeinernen Cylinder von etwa 2 Zoll Länge, und oberwärts 1 Zoll im Durchmesser. An dem einen Ende ist er offen, und an dem andern in einen Deckel verschlossen, der mit einer so feinen und genauen Schraube darauf gepaßt ist, daß nicht das geringste Quecksilber durchdringen kann, wenn das Instrument zusammengesetzt ist.

In diesen elfenbeinernen Cylinder muß dann ein recht gesunder, genauer und schwammiger Kork von ungefähr $\frac{1}{2}$ Zoll Länge so genau gepaßt werden, daß er durch einen mäßigen Druck am Boden des Cylinders eingeschoben werden kann, und hier muß der Cylinder einen schmalen vorstehenden Ring haben, an welchen sich der Kork andrucken, und in seiner Lage festhalten läßt. Wenn sich nun der Kork in dieser Lage befindet, so muß er mit einer runden Feile so behutsam in seiner Mitte durchbohrt werden, daß das untere Ende der Barometerröhre ganz gedrängt hineingesteckt werden kann. Man schiebt nun dasselbe so weit hinunter, daß es bis auf $\frac{1}{2}$ Zoll über die untere Fläche des Korks hinaus in den leeren Theil des Cylinders hineinragt, wo aber dafür gesorgt werden muß, daß die Achse des Cylinders und der Röhre ganz in einer und derselben geraden Linie liegen.

Die Barometerröhre wird nun auf die gewöhnliche Art mit aller Sorgfalt gefüllt, und alsdann so viel Quecksilber in den elfenbeinernen Cylinder gegossen, daß nach Anschraubung des Deckels das untere

tere Ende der Barometerröhre so tief im Quecksilber stehe, daß es in jeder möglichen Lage des Instruments, nämlich in horizontaler, schiefer oder vertikaler, noch von demselben umgeben sey. Die Röhre mit ihrer Kapsel wird endlich in einen ausgehöhlten Stab von Mahagoniholz eingelassen und mit einer messingenen Skale, Nonius, und oberhalb mit einem gleichfalls eingelassenen Thermometer versehen. Das obere und untere Ende werden mit messingenen Kappen eingefaßt, die entweder aufgeschraubt, oder auch nur aufgeschoben werden.

Beym Gebrauch faßt man das Barometer fast in der Mitte mit dem Daumen und den Fingern rechter Hand, richtet den Knopf sanft in die Höhe, und sucht durch den Einschnitt des äußern Gehäuses, wo auch die Skale zu beyden Seiten mit dem Nonius angebracht ist, nach dem Stande des Quecksilbers in der Röhre. Mit der linken Hand ergreift man den Knopf des Nonius, und schiebt den Nullpunkt desselben an die Stelle, wo das Quecksilber ruhig stehen bleibt, daraus wird sich dann der Barometerstand leicht abnehmen lassen. Zu mehrerer Genauigkeit kann man diese Operation 2 bis 3mal wiederholen, und wenn sich kleine Verschiedenheiten zeigen sollten, aus denselben das arithmetische Mittel nehmen.

Ueber die Zusammensetzung dieses Werkzeugs hat Hamilton noch folgendes bemerkt:

1. Er hat bey dem mehrjährigen Gebrauche dieses Instruments sowohl sich selbst, als andere sachkundige Personen überzeugt, daß der Kork eine Substanz sey, welche die Luft vollkommen, das Quecksilber aber im mindesten nicht durch seine Zwischenräume hindurchlasse. Diese Eigenschaft des Korks ist

für

für die beschriebene Einrichtung so wichtig, daß ohne dieselbe das Instrument seinen ganzen Werth verlieren würde. Daher müsse man auch sowohl in der Wahl als der Bearbeitung des Korks mit äußerster Sorgfalt zu Werke gehen; die Verschiebungen desselben im elfenbeinernen Cylinder, und der Durchgang der Barometerröhre in demselben dürfen weder zu gedrängt, noch zu leicht gehen. Ferner muß man bey Füllung des elfenbeinernen Cylinders mit Quecksilber darauf sehen, daß nur gerade so viel Quecksilber hineinkomme, als nöthig ist, das untere Ende der Barometerröhre mit Quecksilber zu versehen, man mag dieß Instrument in einer Lage halten, in welcher man will; so daß auf solche Art der größtmöglichste Raum für das aus der Röhre fallende Quecksilber übrig gelassen wird.

2. Die Zurichtung des Instruments wird auf folgende Art gemacht: Man mißt den einen Durchmesser des elfenbeinernen Cylinders, der vollkommen in gleicher Weite ausgedehnt seyn muß, auf das genaueste. Eben dieselbe Weite muß auch der Deckel an der innern Seite haben, und er darf überhaupt nicht tief hineingehen. Dann mißt man eben so genau auch den innern Durchmesser der Barometerröhre, die deßhalb vollkommen calibrirt und fein gezogen seyn muß. Aus diesen bekannten Durchmessern läßt sich alsdann leicht berechnen, was für eine Verbesserung der Skale innerhalb gewisser Grenzen nöthig ist. Ist z. B. der Querschnitt des Cylinders zehnmal größer als der Querschnitt der innern Röhre, so wird 1 Linie Unterschied des Quecksilberstandes im Cylinder einen Unterschied von 10 Linien im Quecksilberstande der Röhre hervorbringen, und von diesen 10 Linien werden

sich

sich 9 oben beym Nonius, und die zehnte unten im Cylinder zeigen. Da man eine solche Berechnung für jedes Barometer besonders vorzunehmen hat, so kann man jede Skale mit einer eigenen Verbesserungstafel versehen, um den beobachteten Stand des Quecksilbers in denjenigen zu verwandeln, welchen man sogleich bekommen haben würde, wenn das Instrument ein unveränderliches Niveau gehabt hätte, und welches man deßhalb das wahre nennen kann.

Zu sicherer Fortbringung des Instruments empfiehlt Hamilton: den Durchmesser der Röhre nicht dicker als $\frac{1}{10}$ Zoll zu nehmen.

3. Für geringe Höhen, und wo man in kurzer Zeit von einem Standpunkte zum andern kommen kann, ist ein einziges Barometer hinreichend; sonst muß man deren zwey haben, welche genau auf einerley Art verfertigt sind, und mit welchen man zu gleicher Zeit durch Signale, oder nach übereinstimmenden Uhren, Beobachtungen anstellt. Ueberdieß gehören zu jedem Barometer zwey Thermometer mit Fahrenh. Skale, eines so nahe am Barometer als möglich, um die Ausdehnung oder Zusammenziehung der Quecksilbersäule durch die verschiedene Temperatur zu bestimmen, und das andere in einer eigenen Entfernung davon, um die Temperatur der Atmosphäre im Schatten zu erfahren und daraus den Einfluß derselben auf die Höhe einer gegebenen Quecksilbersäule im Barometer abzuleiten.

Der Herr von Humboldt o) hat eine eigene Art eines Reisebarometers erfunden, welches folgende Einrichtung hat: Die Barometerröhre, deren unterer

o) Journal de physique par *de la Metherie*. T. IV. p. 468.

rer Theil fig. 16. vorstellt, ist an eine eiserne Röhre gekittet, die sich bey q in einen Schraubengang endigt. In diesen geht eine Schraube cd mit viereckigtem Knopfe, $2\frac{1}{2}$ Linie tief hinein, und verschließt dadurch die Röhre luftdicht, nachdem sie gefüllt und ausgekocht worden. Die Röhre wird umgekehrt in eine kupferne, von innen mit wollenem Zeuge, von außen mit Leder überzogene Röhre gesteckt, um auf Reisen bequem getragen werden zu können. Glaubt man, daß sich einige Luft eingeschlichen hat, so ist sie unter q, die Schraube wird daher geöffnet, und die Luft durch einige Tropfen Quecksilber entfernt; die ganze Röhre ist frey, und es kann daher untersucht werden, ob das Quecksilber darin nicht durch Blasen getrennt sey; ein Vortheil, den die englischen Barometer, welche verdeckt sind, entbehren müssen.

Das Gefäß, welches auf ein kleines dreyfüßiges Stativ aufgeschraubt ist, enthält das nöthige Quecksilber, und beym Gebrauche wird die Barometerröhre aus der kupfernen Röhre genommen und in das Quecksilber dieses Gefäßes gesenkt. Der viereckte Kopf der Schraube cd ist so groß, daß er sich in dem Gefäße leicht umdrehen läßt; wenn daher die Röhre angefaßt und umgedreht wird, so öffnet sich die Schraube, und das Quecksilber im Innern der Röhre, welches mit der äußern Luft Verbindung erhält, sinkt bis zur jedesmaligen Barometerhöhe herab. Darauf wird mittelst der beyden Stellschrauben am Stative und des Bleyloths am hölzernen Arme, woran die Barometerröhre geschraubt ist, diese Röhre in eine senkrechte Lage gebracht. Zuletzt öffnet man den aus Elfenbein gedrehten Hahn, welcher dazu bestimmt ist, ein unveränderliches Quecksilberniveau zu bewir-

bewirken. Alles Quecksilber, welches im Gefäße über dem Niveau des Hahns steht, fließt durch ihn in einen eigenen Behälter aus, und sollte das Quecksilber unter dem Niveau desselben stehen, so wird das nöthige hinzugegossen. Damit aber dieser Hahn sich nicht etwa auf der Reise aufdrehe, hält ihn eine zum Anschrauben eingerichtete Gabel.

So aufgestellt kann das Instrument fortgetragen werden, indem man ein durch zwey Schrauben angedrucktes Kissen auflegt. Soll es aber aus einander gelegt werden, so schließt man den Hahn, senkt die Röhre wieder so tief in das Quecksilber des Gefäßes ein, bis kein leerer Raum mehr über demselben ist, und dreht durch eine der vorigen entgegengesetzte Bewegung die Schraube cd in die Barometerröhre hinein.

Dieses v. Humboldt'sche Barometer hat bey allen seinen Vorzügen, wie Herr Goedeking in Bayreuth bemerkt, doch zwey Unbequemlichkeiten, daß es sich nämlich nicht gut und compendiös einpacken läßt, und daß man auf jeder noch so kleinen Reise ein besonderes Gefäß mit Quecksilber bey sich führen muß. Dieß bewog Herrn Goedeking, ein verbessertes Reisebarometer nach denselben Grundsätzen zu ersinnen; und folgendes ist die Einrichtung dieses verbesserten Reisebarometers, wie er sie wirklich ausgeführt hat. Die fig. 17. stellt den untern Theil des Barometers vor; die Kapsel muß von äußerst trockenem Holze, und so verfertigt seyn, daß sie bey den punktirten Linien $\alpha\beta$ aus einander geschraubt werden kann. In den obern Theil der Kapsel wird ein Stück Elfenbein b geleimt. Das Elfenbein ist mit einer etwas scharfen Kante in der Gegend m versehen, und durch dieses sowohl als durch

das

das Holz ein Loch gebort, worin eine Barometerröhre e gekittet wird, jedoch mit der Bedingung, daß das Elfenbein bey m um 1 Linie vorsteht; c und d sind mit Zapfen versehene Oeffnungen.

In dem untern Theil der Kapsel ist ein Schraubengang, in welchem eine eiserne Schraube so genau paßt, daß sie nur mit Anwendung einiger Kraft hin und her gedreht werden kann, geschnitten. Die Schraube g hat eine eiserne Platte h, worauf ein Stück festes Leder vermittelst eines eisernen Ringes genietet ist. Diese Platte muß mit der Vorsicht an die Schraube g gebracht werden, daß an dem Orte der Befestigung kein Quecksilber durchdringen kann, welches man erreicht, wenn die Platte bey i nicht ganz durchbort, oder der Ansatz der Schraube genau anschließend verfertigt wird. Diese Schraube g wird nun in den Schraubengang geschraubt, und alsdann die Platte h darauf befestigt.

Soll das Barometer gefüllt werden, so bringt man den obern Theil des Gefäßes in die Richtung, daß die Röhre e senkrecht herunter hängt, gießt sie voll Quecksilber, reinigt sie auf die bekannte Weise von allen Luftblasen, füllt sie wieder bis an m mit Quecksilber, schraubt den untern Theil fest, und verschließt die Röhre dadurch, daß man die Schraube so anzieht, daß die Schärfe m sich gleichsam in das Leder druckt. Jetzt läßt sich nun das Instrument in die Höhe richten, so daß die Barometerröhre aufwärts steht, ohne daß das Quecksilber herausläuft. Ferner muß man die Kapsel durch c voll Quecksilber füllen, und das Ueberflüssige in der Kapsel und Röhre durch die zum Niveau bestimmte Oeffnung wieder herauslassen.

Um dieß Barometer zum Gebrauche im Hause und auf Reisen einzurichten, hat Goedeking zwey halbrunde Stäbe so aushölen lassen, daß in einem jeden das Instrument genau bis zur mittleren Durchschnittsfläche paßt. An einem derselben ist die Skale, ein Senkbley und das Barometer selbst befestigt, in dem andern aber sind Oeffnungen zu einem Ringe und Haken mit Holzschrauben, zum kleinen Trichter und zu einem Glase mit Quecksilber geschnitten. Will man nun das Barometer transportiren, so wird es so weit geneigt, bis die Röhre voll Quecksilber ist, alsdann diese mit der Schraube fest verschlossen, der Zapfen in die Oeffnung c gedruckt, und die Kapsel A ganz mit Quecksilber gefüllt; hierauf werden die beyden halbrunden Stäbe aus einander gelegt, mit messingenen Ringen befestigt, und Alles ist zur Reise fertig.

Der verstorbene Mechanikus Voigt [p]) in Jena hat sich ebenfalls um die Verbesserung der Barometer verdient gemacht. Seine Hauptabsicht hiebey gieng auf die Bestimmung der Horizontalebene des Niveau. Er bemerkt, daß dieß Niveau wegen der Weite und Gestalt des Gefäßes, bey einer verschiedenen Menge Quecksilber in demselben, und wegen der Enggkeit der damit in Verbindung stehenden Barometerröhre sehr unbeständig und unsicher sey, und schlug deshalb folgende Verbesserung vor: An das untere Ende einer Barometerröhre (fig. 18.) gph, welche oben noch nicht zugeschmolzen ist, kittet man ein hölzernes Gefäß ikl, so daß man es wieder herunternehmen kann. Dieß Gefäß hat diejenige Einrichtung, wel-

p) Beyträge zur Verfertigung und Verbesserung des Barometers. Erstes Heft. Frankf. am Mayn 1795. 8.

welche Luz S. 185. beschreibt. Die Fläche, oder der Boden desselben e f ist glatt und völlig eben; das Quecksilber bildet auf demselben eine Art von Knopf, dessen Basis zwar größer ist, der sich aber selbst nicht erhöhen kann, und man erhält eine Einrichtung, wodurch man ein beständiges Niveau bekommt. Hierauf füllt man Quecksilber in die Röhre, bis es bey h übertritt und einen Kreis bildet. Hernach hält man die Röhre völlig senkrecht, und bezeichnet mit einem Faden oder Schnitt den Stand des Quecksilbers im langen Schenkel bey a b. Dann leert man die Röhre wieder aus, schmilzt sie zu, füllt sie gehörig, und kocht sie über dem Feuer wohl aus. Wenn man hierauf von dem Punkte c, oder dem gemachten Zeichen, die Gradleiter zu theilen anfängt, so erhält man ein sehr richtiges Barometer.

Da man beym Auskochen die hölzerne Kapsel von der Röhre abnehmen muß, so ist es nöthig, daß man sie hernach eben so weit wieder an die Röhre kitte, und daher den Punkt, bis an welchen man sie an die Röhre schiebt, ebenfalls genau bezeichne.

Ein anderer Gegenstand der Verbesserung war Herrn Voigt die Unempfindlichkeit. Das Quecksilber leidet beym Hin- und Hergehen in der Röhre eine Reibung, welche alle Veränderungen desselben verzögert oder aufhält, und ein nicht geringer Fehler des gemeinen Barometers ist. Man kann diesen Fehler leicht bemerken, wenn man die Oberfläche der Quecksilbersäule in einem solchen Barometer betrachtet. Wenn der Luftdruck im Zunehmen ist, so wird sie außerordentlich gewölbt erscheinen, und wenn man in diesem Zustande das Barometer erschüttert, so ruckt die ganze Quecksilbersäule desselben etwas

 hin-

hinauf, und die Oberfläche des Quecksilbers bekommt ihre gewöhnliche, nicht so sehr convexe Gestalt. Ist der Druck der Atmosphäre sehr im Abnehmen, so zeigt sich die Oberfläche des Quecksilbers bey solchen Barometern fast ganz platt, oft sogar etwas concav. Wenn man in diesem Zustande an das Barometer klopft, so fällt die Quecksilbersäule etwas herab, und bekommt wieder ihre natürliche, etwas convexe Gestalt.

Eine andere, nicht weniger schlechte Eigenschaft der Barometer ist das Schiefstehen des Quecksilbers. Schon die Herren de Lüc und Luz haben es bemerkt, ohne den Grund davon anzugeben. Herr Voigt besaß ein Barometer, von einem Italiäner verfertigt, welches alle diese Fehler in einem hohen Grade hatte. Er hatte sich deshalb vorgenommen, es auszuleeren, und sein Quecksilber anderweit zu gebrauchen; vorher wollte er es aber noch einige Zeit beobachten, um den Grund dieser Fehler zu entdecken, und sie bey andern zu vermeiden. Die Röhre fand er bey genauerer Betrachtung nicht so glänzend, als seine übrigen, und bald bemerkte er, daß sie an ihrer innern Fläche äußerst schmutzig war. Dieß war vermuthlich daher gekommen, daß die Röhre nicht vom Staube war gereinigt worden, der sich nachher beym Auskochen gleichsam eingebrannt hatte. Diese Mattigkeit verbreitete sich nicht gleichförmig über die ganze Röhre, sondern sie bildete Flammen, Adern und Flecke, welche in verschiedenen Richtungen in der innern Fläche der Röhre hingiengen. Voigt hielt nun das Barometer gegen das Licht und bemerkte deutlich, daß das Quecksilber beym Steigen durch die Grenze eines solchen matten Fleckens aufgehalten wurde, und sich nach der Lage und Gestalt desselben accom-

accommodirte. Eben dieses geschah beym Fallen. Diese Bemerkung lehrte ihn den Grund der schiefen Lage des Quecksilbers auf einmal einsehen. Kein einziges seiner übrigen Barometer, die er selbst verfertigte, zeigte diese Erscheinung; allein der Fehler der gleichförmigen Reibung blieb ihm an ihnen noch zu heben übrig.

Gemeiniglich giebt man den Durchmesser der Röhre als den Grund davon an: allein Voigt bemerkte, daß sowohl weite, als enge Röhren diesen Fehler besaßen. Er fieng daher an, den Grund dieser Reibung noch in etwas anderm zu suchen, und seine Aufmerksamkeit fiel auf die Gefäße der Barometer, und besonders auf den Theil, wo das Quecksilber aus der Röhre in das Gefäß geht, und darin wurde er sehr auffallend bestärkt. Ein Barometer mit einer weiten Röhre war mit einer hölzernen Kapsel versehen, und hatte ein beständiges Niveau, die Communikation des Quecksilbers im Barometer mit dem im Gefäße gieng durch das Gefäß selbst. Aus Versehen waren diese Löcher etwas kleiner gebohrt worden, als der Durchmesser der Röhre war, und Voigt hatte vergessen, dieselben gehörig auszuweiten. Bey Erweiterung der Löcher war die Reibung größtentheils gehoben. Hieraus ergab sich ferner, daß man auch die Weite der Biegung des untern Theils hauptsächlich in Acht nehmen müsse, und Voigt ließ deshalb diese Biegung bey dergleichen Barometern etwas aufblasen, damit sie einen noch größern Durchmesser, als den der Röhre, bekommen. Schon hierdurch hatte er gewonnen; allein die Erfahrung lehrte ihn, daß die Unempfindlichkeit vorzüglich groß sey, wenn er den Bogen der Biegung, wegen des großen Durchmessers des Gefäßes, sehr groß machen mußte.

Voigt's Hauptabsicht war, ein Barometer zu erhalten, welches sehr geringe und schnell vorübergehende Veränderungen des Drucks der Atmosphäre genau anzeigen sollte. Er mußte daher der Röhre einen beträchtlichen Durchmesser geben, mit welchem wieder der des Gefäßes im Verhältniß stand. Die Röhre hatte 4 Linien im Durchmesser, und das Gefäß bekam eine Weite von 3 Zoll. Die Krümmung der Röhre hatte durch Zufall einen Halbmesser von 1½ Zoll bekommen, war aber gehörig ausgearbeitet worden, demungeachtet bekam dieses Barometer eine außerordentliche Reibung. Ihre Ursache glaubte Voigt in der Länge der Biegung zu finden; denn das schwere Quecksilber lag mit einer gewissen Kraft auf dem Boden derselben, und das aus der Röhre ins Gefäß gehende mußte diese Masse in Bewegung setzen, welche eben wegen ihres großen eigenthümlichen Gewichts viel Widerstand leistete, und dieser Widerstand mußte um desto größer seyn, je größer die Masse selbst und der Weg war, den sie zu gehen hatte. Er verwarf daher die Biegung, und wählte andere Gefäße, aber auch hier blieb noch etwas übrig, was er nicht wegbringen konnte. Er machte noch einen Versuch, wobey er zu der ursprünglichen Einrichtung der Torricellischen und Prins'schen Gefäße zurückkehrte, und der Erfolg entsprach seiner Erwartung völlig. Indessen war die Einrichtung eines solchen Gefäßes noch sehr zusammengesetzt, denn 1. mußte es ein beständiges Niveau erhalten, welches zu genauen Beobachtungen, wie bekannt, nothwendig ist; 2. mußte es einen großen Durchmesser erhalten, da der der Röhre möglichst groß gemacht werden sollte, um nach seiner Meynung alles Reiben zu heben; 3. eben daher mußte eine Vorrichtung ange-

bracht

bracht werden, die Röhre verschließen zu können, da bey Verrückung derselben leicht Luft in die Röhre kommen konnte, und man sie auch ohne dieselbe nicht umzukehren und aufzurichten im Stande war.

Voigt belegte daher den Boden des Gefäßes mit einer völlig eben geschliffenen und glatt polirten Glasplatte, welche in der Mitte ein Loch hatte, durch welches die Barometerröhre hindurchgieng, und allenthalben von der Barometerröhre, so wie die Wände der innern Tiefe des Gefäßes, von derselben wenigstens um ihren innern Durchmesser abstunden. Wenn nun in dem Gefäße gerade so viel Quecksilber enthalten war, daß es über die Glasplatte treten und einen Ring um die Röhre bilden konnte, so fand er dieß Barometer so empfindlich, daß es schon aus seinem Stande kam, wenn es nur $\frac{1}{2}$ Grad aus seiner lothrechten Stellung gebracht ward.

Zu den gewöhnlichen Wetterbeobachtungen hält Herr Müller [q]) zu Darmstadt das einfache Gefäßbarometer am bequemsten, besonders, wenn das Gefäß aus einer großen gläsernen Kugel besteht, wenn nur das Barometer sonst nach den bekannten Vorschriften gehörig verfertigt, und nach einem de Lüc'schen Normalbarometer berichtigt sey. Indessen habe doch dieß Gefäßbarometer bisher noch zwey Unvollkommenheiten besessen; die eine, daß das Quecksilber im Gefäße bey verändertem Luftdrucke nicht gleiche Höhe behalte, mithin den Barometerstand an einer festen Skale unrichtig mache. Alle bisherige Mittel aber, diesen Fehler auf die Seite zu bringen, seyen äußerst

q) Gilbert's Annalen der Physik. B. V. S. 17. f.

äusserst unbequem, und er wundre sich, daß noch niemand auf den einfachen Gedanken gekommen sey, die gewöhnliche oben befestigte Barometerskale um so viel zu verkleinern, als es das Verhältniß der Oberflächen des Quecksilbers im Gefäße und in der Röhre erfordere. Wenn z. B. die Oberfläche des Quecksilbers im Gefäße zwanzigmal größer als die in der Röhre wäre, und der Druck der Luft nehme um 21 Pariser Linien der Quecksilbersäule bey unveränderter Temperatur zu, so werde das Quecksilber im Gefäße 1 Linie fallen, und das in der Röhre 20 Linien steigen, also daselbst nur 20 Linien anzeigen. Man habe demnach nichts weiter nöthig, als 20 Paris. Linien dieser Skale in 21 Theile zu theilen, und jeden Theil für 1 Pariser Linie gelten zu lassen, so werde das Barometer ohne alle Künsteleyen und Mühe den richtigen Stand von selbst anzeigen, auch mit einem vollkommenen Heberbarometer, in gleicher Temperatur, wenn es einmal darnach regulirt sey, jederzeit so genau, als ein anderes Heberbarometer, übereinstimmen.

Die andere Unbequemlichkeit der Barometer sey diese: daß man den Einfluß der Wärme jedesmal vermittelst des dabey angebrachten Thermometers, wenigstens durch Addition und Subtraktion, berichtigen müsse, wenn man den Stand genau wissen wolle. Um diese zu entfernen, giebt Herr Müller eine eigene Vorrichtung an, welche darin besteht, daß man nur einen am Thermometer befindlichen Zeiger an den Stand desselben zu schieben braucht, und alsdann schon den Barometerstand berichtigt findet.

Der

Herr Conte r) hat sich seit langer Zeit damit beschäftigt, ein Barometer einzurichten, welches sich vor den gewöhnlichen durch bequeme Einrichtung und Empfindlichkeit auszeichnete.

Die erste seiner Vorrichtungen war einer Taschenuhr ähnlich. Auf einer Schaale von starkem Eisen oder Kupfer paßt eine Decke von sehr dünnem Stahlblech mit ihren Rändern genau auf, und Federn halten diese Deckplatte in die Höhe, wenn, wie dieß die Einrichtung fordert, die Luft aus dem Gefäße durch eine daran befindliche Oeffnung ausgepumpt wird. Die Oeffnung läßt sich luftdicht verschließen, und dann strebt der Druck der Atmosphäre, die beugsame Schaale niederzudrucken. Da nun der Widerstand der Feder beständig derselbe bleibt; so muß, wenn der Luftdruck verändert wird, die Deckplatte sich erheben oder niedersinken, und diese Veränderungen werden mittelst eines Mechanismus, der einen Zeiger hin und her dreht, auf einer Gradscheibe angezeigt. Der Erfinder selbst aber verwarf dieses Instrument wegen des nachtheiligen Einflusses, den die Temperaturveränderung auf dasselbe hat.

Eine andere Vorrichtung des Herrn Conte gründete sich auf das schnellere oder langsamere Einfließen des Quecksilbers in einen bestimmten leeren Raum bey größerm oder geringerm Luftdrucke. Aber auch diese Einrichtung war zu sehr den Temperaturveränderungen unterworfen.

Die dritte und vorzüglichste Einrichtung des Conteschen Barometers stellt die fig. 19. im Längendurch-

r) Scherer's Journal der Chemie. B. I. H. III. S. 254.

durchschnitt vor. Die Röhre, in welcher das Quecksilber steht, ist, statt wie gewöhnlich von Glas zu seyn, hier von Eisen. Oben bey abcd wird sie sehr viel weiter, und die Länge dieses weitern Stücks wird durch die größern Veränderungen im Stande des Quecksilbers bestimmt. Hier ist die Röhre durch Calibriren in allen Stellen gleich weit gemacht worden. In dem vom Erfinder dem Nationalinstitute vorgelegten Modelle war abcd 8 Zoll lang, und hatte 18 Linien im innern Durchmesser.

Bey ef schließt sich ein Gefäß efgh an diese Röhre luftdicht an. Es ist bey gh offen, und durch den Stempel turf luftdicht verschlossen. Bey ik schließt sich an dieselbe Röhre innerhalb dieses erstern ein zweytes Gefäß ikpnm an, welches innerlich die Gestalt eines abgestumpften Kegels hat, und in diese kegelförmige Höhlung paßt der Stöpsel plnm luftdicht hinein. Die Figur stellt ihn dar, wie er in die Oeffnung des zweyten Gefäßes hineingeschoben ist, und an die untere Oeffnung der eisernen Röhre bey o anschließt; und zwar soll die Seitenschraube x, welche in einen Ausschnitt desselben eindringt, ihn in fast unmerklichen Graden der Oeffnung o nähern. Durch diesen Stöpsel bey o und durch das umschließende Gefäß bey p geht eine Röhre, welche das Innere der eisernen Barometerröhre bfda mit dem größern umschließenden Gefäße, und durch den Hahn bey v auch mit der äußern Luft in Verbindung bringt.

Soll das Instrument gefüllt werden, so schließt man den Hahn v, dreht es um, zieht den Stempel tu und den Stöpsel plmn heraus, und füllt die Barometerröhre pabl, ferner das innere Gefäß plmn und die Höhlung zwischen der innern und äußern Hülle

le mit Quecksilber. Alsdann setzt man den Stempel tus auf, bringt dann durch das Zurückziehen desselben einen verdünnten Luftraum über dem Quecksilber hervor, und entfernt so die eingeschlossene Luft. Darauf schiebt man den Stöpsel plmn und den Stempel tu wieder hinein, und öfnet v. Das Quecksilber sinkt nun nach dem jedesmaligen Stande herab, und erfüllt die größere Büchse bis zu einem bestimmten Niveau. Hier zieht man durch den für sich beweglichen mit einem Schraubenzieher versehenen Stiel sr den Stöpsel zurück, so daß die Barometerröhre keine Verbindung mehr mit der Außenseite hat. Das Stück efgh wird dann abgewogen. Bringt man jetzt das Instrument an einen höhern Ort, so sinkt das Quecksilber in der Röhre abcd, eben so viel fließt bey o aus, desto mehr, je weiter abcd ist, und dieses wird in efhg aufgefangen und wieder gewogen.

Dieses Werkzeug ist so empfindlich, daß wenn man es 204 Fuß hoch auf einen Thurm beym Platze der sonstigen Kirche Notre-Dame trug, 1877 Gran Quecksilber ausflossen, welches 9 Gran auf 1 Fuß ausmacht. Der Bürger Conte hatte dem Instrumente anfänglich eine Form gegeben, durch welche es einer besondern Wage entbehren konnte. Da aber diese Einrichtung beym Gebrauche allzubeschwerliche Reduktionen erforderte, so verwarf er sie wieder.

Da die gewöhnlichen Reisebarometer zusammengesetzt, zum Theil auch sehr kostbar sind, so gab Herr Rodig zu Pirna folgendes sehr leicht zu verfertigendes Barometer an: eine Glasröhre von mehr als 28 Zoll Länge und $1\frac{1}{2}$ bis 3 Linien Weite schmilzt man an einem Ende vor dem Löthrohre zu, und füllt sie

sie mit Quecksilber. Hierauf nimmt man ein hölzernes Schälchen, das in der Mitte bis $\frac{1}{2}$ Zoll tief eingeht, legt in dessen etwa $\frac{1}{2}$ Linie tief eingeschnittenes Dreyeck ein darin passendes Stück Leder mit der weniger platten Seite aufwärts, füllt beydes, und bringt es gerade mit der Mitte umgekehrt auf die Oeffnung der Röhre, daß das Quecksilber auf das Leder genau treffe, und sich auf des erstern convexe Fläche ausbreite. Man hält das hölzerne Schälchen mit dem Leder fest auf die Röhre, und kehrt es um, wo dann das Quecksilber nach Befinden der Umstände auf 28 Rheinl. Zoll oder auf weniger fallen wird. Wer dieses Barometer auf Reisen zu gebrauchen denkt, versieht das Schälchen unten auf dem Boden in der Mitte mit einer Stachel, welche daselbst eingeschraubt werden kann. Die Glasröhre kann sehr bequem in einem ausgehölten Stocke mit sich geführt werden.

Noch ein anderes von Herrn Klindworth in Göttingen verfertigtes sehr einfaches Reisebarometer beschreibt Herr Benzenberg [s]), der es auf Reisen durch gebirgigte Gegenden und Waldungen bey Tag und Nacht, und dieß oft unter Umständen, unter welchen man demselben keine Aufmerksamkeit schenken konnte, so gut fand, daß es bekannter zu werden verdient. Es war dieses Barometer ein Heberbarometer, und die Röhre desselben inwendig 2 Linien weit. Der kurze Schenkel lag, zur Ersparung des Raums, auf dem langen. Um zu verhüten, daß das freye Spielen des Quecksilbers unten an der sehr kurzen Biegung nicht gestört werde, war an ihr die Röhre 3 Linien weit. Der kurze Schenkel hatte eine enge Stel=

s) Gilbert's Annalen der Physik. B. IX. S. 461.

Stelle, die $\frac{3}{4}$ Zoll lang und $1\frac{1}{2}$ Linie weit war. Wurde das Barometer geneigt, so lief das Quecksilber bis an diese Stelle zurück. Dann wurde der Eisendrath, welcher unten durch einen Korkstöpsel von $\frac{3}{4}$ Zoll Länge und $1\frac{1}{2}$ Linie Dicke gieng, bis aufs Quecksilber hineingeschoben. Diese einfache Sperrung vereinigte alle Vortheile der zusammengesetztern an den Reisebarometern. Der Kork schloß so enge, daß er bey keiner Bewegung zurückgieng, und doch gab er dem Quecksilber etwas nach, wenn dieses sich bey veränderten Temperaturen ausdehnte. Wurde der Kork zu stark auf das Quecksilber gedruckt, oder war die Ausdehnung in der Mittagshitze sehr stark, so schlichen sich ganz kleine Quecksilbertröpfchen am Korke vorbey, ohne dem Barometer zu schaden.

Die Skale war unmittelbar mit Flußspathsäure auf die Röhre geätzt. Da sich das Glas nur wenig ausdehnt, etwa halb so viel wie Messing, so konnte man bey den meisten Veränderungen der Temperatur die Ausdehnung der Skale vernachlässigen. Die Röhre war unten und oben 2 Zoll lang, flach geschliffen und polirt, damit die Theilstriche der Skale gerade wurden. Auf diese Weise wurden die Irregularitäten vermieden, die von der Ründung der Röhre beym Beobachten herrührten. Die Pariser Linie war in 10 Theile getheilt. Der Bequemlichkeit des Zählens halber war der Theilstrich der Linie ganz durchgezogen, und der der halben nur halb. Der Theilstrich des Zolles hatte zwey Punkte. Die Zahlen waren neben der Röhre auf eine doppelte Skale geschrieben, die sich auf dem Halse befand. Um die Theilung desto besser sehen, und zwischen sie hinein schätzen zu können, beobachtete sie Benzenberg mit

mit einer kleinen Handlupe, welche sechsmal im Durchmesser vergrößerte. Sie hatte zwey Gläser, zwischen welchen zwey Fadenkreuze ausgespannt waren, um dem Auge eine feste Direktionslinie zu geben. Um der Handlupe war ein Bügel von Messing, der um das Barometer herumgieng, und hinten eine Preßschraube zum Festhalten hatte. Mit dieser wurde sie über der Theilung beym Beobachten befestigt.

Das Barometer befand sich übrigens in einem Stocke, der oben die Dicke 1 Zolles, unten aber eine geringere hatte. Er war der Länge nach gespalten, und die Rinnen, in welchen die Röhren lagen, mit Leder gefüttert.

Der verstorbene Mechanikus Voigt [t]) hat vor einigen Jahren einen neuen schätzbaren Beytrag zur Verbesserung der Barometrie überhaupt geliefert, und über die bisher bekannten Barometer kritische Bemerkungen gemacht. In Ansehung der Heberbarometer bemerkt er, daß ungeachtet ihrer Simplicität das Beobachten damit doch noch nicht einfach genug sey, denn man müsse entweder an zwey Skalen beobachten, oder man habe das Niveau zu berichtigen, welches letztere ebenfalls eine kleine Beschwerde sey, die man am Gefäßbarometer nicht habe. Da sich ferner das Quecksilber im kurzen Schenkel beschmutze, so gewähre das Barometer nur so lange eine genaue Anzeige, als derselbe vollkommen rein erhalten werde; man müßte daher diese Reinigung bey

t) Versuch kritischer Nachträge und Supplemente zur Luzischen Beschreibung älterer und neuerer Barometer. Leipzig. 1802. 8.

bey jeder Beobachtung vornehmen, die sehr genau seyn sollte.

Ein anderer Fehler des Heberbarometers sey die Reibung in der Biegung und im kurzen Schenkel, welchen man vom Gefäßbarometer, wo nicht ganz entfernen, doch sehr vermeiden könne. Herr Voigt zieht daher zum gewöhnlichen Gebrauche die Gefäßbarometer vor, nachdem sie vorher nach dem Heberbarometer berichtigt worden sind. Alle Gefäßbarometer aber, deren Gefäße die Prins'sche Einrichtung nicht besäßen, hätten diesen Fehler mit einander gemein, daß das Niveau unbestimmt und ungleich sey. Ob man gleich Mittel habe, an demselben Orte immer eine gleiche Menge Quecksilber in das Gefäß zu bringen, so sey man doch nicht im Stande, dieses an andern Orten zu erhalten, die höher oder tiefer lägen. Einen andern Fehler, welchen die Gefäßbarometer mit einander gemein haben, setzt Herr Voigt in die Gefahr, beym Transport durchs Luftfangen verdorben zu werden, wofern ihre Gefäße nicht so gebauet sind, daß die Oeffnung der Röhre immer mit Quecksilber bedeckt ist.

Uebrigens hat Herr Voigt manche Bemerkungen gemacht über die beste Einrichtung des Barometerbrets, der Eintheilung der Skale, der Aufhängung des Barometers, der Reinigung des Quecksilbers und des Auskochens desselben, welche allerdings vom Künstler beherzigt zu werden verdienen. Die Prins'sche Einrichtung zieht er allen übrigen vor.

Nachdem er endlich noch einige kritische Bemerkungen über die bisher angeführten Reisebarometer gemacht hat, so giebt er eine Beschreibung von seiner

ner neuesten Einrichtung eines Reisebarometers. Das Gefäß desselben hat die Form eines Parallelepipedi und wird am besten von Buchsbaum-, oder Königsholz gemacht. An der einen Seite ist ein cylindrisches Loch angebracht, welches den untern Theil der Quecksilberröhre aufnimmt. Diese befestigt Voigt so, daß er das untere Ende mit Papier, das auf beyden Seiten mit Hausenblase verstrichen ist, so vielmal umwickelt, bis es gedrängt in jenes Loch eingedreht werden kann. Nachdem es trocken geworden, wird es mit einem Ansatze versehen, und in die cylindrische Höhlung mit sehr starker Hausenblase eingeleimt. Neben der Barometerröhre ist das Holz bis auf die Hälfte seiner Höhe entweder cylindrisch ausgedreht, oder wie ein vierkantiges Kästchen gebildet, dessen Boden eine möglichst ebene Fläche von einem Umfange ist, nämlich so, wie sie Prins für seine Barometergefäße vorgeschlagen hat: eine Einrichtung, die in des Herrn de Lüc Untersuchungen über die Atmosphäre beschrieben und abgebildet ist, und die den Vortheil gewährt, daß eine größere Menge Quecksilber nicht höher über dieser Fläche steht, als eine geringere, sobald nur die Quantität nicht so viel beträgt, daß das Quecksilber die Wände des Behältnisses erreicht. Um dieser Fläche eine größere Ebenheit zu geben, als es beym Ausdrehen auf der Drehbank möglich ist, arbeitet man sie, mit anfänglicher Weglassung der Wände, mittelst der Feile oder einer Planschüssel ab, und versieht sie dann erst mit den Wänden, wobey Voigt polirte Stahlplatten sehr zweckmäßig gefunden hat. In die Mitte dieser Fläche wird eine Schraubenmutter mit feinen und scharfen Gängen bis auf eine gewisse Tiefe eingeschnitten, und am untern Ende desselben geht ein wagrechter Kanal bis

bis zur Oeffnung der eingeleimten Quecksilberröhre unter der Prins'schen Fläche hin, welcher die Communikation des Quecksilbers in der Röhre mit dem im Gefäße bewirkt. Beym Nichtgebrauch des Barometers wird mitten in jene eine Flügelschraube mit einem etwas breiten Ansatze und geschmeidigen ledernen Ringe auf demselben angeschraubt, wodurch die Barometerröhre mit ihrem Quecksilber völlig von der äußern Luft abgeschnitten ist. Man muß hiebey das Barometer ein wenig neigen, daß das Quecksilber aus den Gefäßen den Torricellischen Raum beynahe völlig anfüllt; nur so viel läßt man leer, als nöthig ist, bey der Ausdehnung des Quecksilbers durch vermehrte Wärme die Röhre vor dem Zerspringen zu sichern. Man sucht auch in diesem Zustande das Instrument am besten in umgekehrter Lage zu erhalten. Dem ganzen Behältnisse giebt man übrigens noch die Lage, daß die Längenfibern des Holzes mit der Quecksilberröhre gleichlaufend werden.

Für solche Veränderungen nun, wo die Barometerstände nur um wenige Linien unterschieden sind, wird bey mäßiger Größe der Prins'schen Fläche der Mittelpunkt des Maasstabes, oder das sogenannte Niveau, ohne weitere Vorrichtung und Behandlung unverändert erhalten werden können; allein bey beträchtlichen Höhenmessungen tritt bey den obersten Standpunkten zu viel Quecksilber aus der Röhre ins Gefäß, als daß es noch von den Wänden des Behältnisses entfernt bleiben könnte, man müßte denn das Behältniß sehr weit machen, welches aber dem Werkzeug seine leichte Behandlung sowohl, als sein gutes Ansehen benehmen könnte. In solchen Fällen muß also das Niveau besonders berichtigt werden, und die-

dieses hat Voigt dadurch zu erhalten gesucht, daß er in die vordere Seite des Behältnisses eine cylindrische Oeffnung bohrt, deren Achse genau auf der Prins'schen Fläche hinstreicht. Dieses Loch hat zwischen $\frac{3}{4}$ und 1 Linie im Durchmesser, und an der Stelle, wo seine Achse die Grundfläche des Behältnisses trift, wird diese einige Linien weit konisch ausgehölt, so daß die Spitze dieses nach seiner Achse durchschnittenen Kegels ungefähr auf die Mitte dieses Durchschnitts der Grundfläche trifft. Aus dieser konischen Oeffnung fließt also bey Berichtigung des Niveau's das im Behältniß zu hoch stehende Quecksilber ab. Gleich unter dieser Oeffnung ist deshalb ein kleines hohles dreyecktes Prisma von Pappe so angebracht, daß es, mittelst einer an sich habenden im doppelten Winkel gebogenen Zwinge, in eine Feder, die am untern Theile des Gefäßes angebracht ist, geschoben werden kann. Um das Ausfließen des übrigen Quecksilbers nach Gefallen zu unterbrechen, muß an der Vorderfläche des Gefäßes eine horizontale Feder angebracht seyn, deren vorderes Ende so genau an die Oeffnung schließt, daß kein Quecksilber zwischen durch kann; durch ein leichtes Abziehen dieser Feder kann hingegen das Ausfließen sogleich wieder bewirkt werden.

Die Quecksilberröhre selbst legt Voigt ganz platt auf das Bret, ohne sie zur Hälfte in dasselbe einzulassen, und es wird deshalb das Gefäß nur so weit in das Bret eingelassen, als jener Umstand es nöthig macht. Er sucht hierdurch einen richtigern vertikalen Stand der Achse der Quecksilbersäulen möglich zu machen, als es beym Einlassen ins Bret geschehen kann. Der mit einem Nonius versehene Maasstab

stab wird deshalb auch durch ein untergelegtes Fournirbretchen so weit über die Fläche des Bretes erhöht, daß das an demselben befestigte Visir bequem auf die Quecksilbergrenze gestellt werden kann. Unter diesem Maasstabe hängt alsdann das zum genauen Vertikalstellen erforderliche Pendel, woran Voigt ebenfalls einige Einrichtungen vorgeschlagen hat; und unter demselben findet endlich das Thermometer seinen Platz.

Zur Aufstellung des Barometers bey den Beobachtungen bedient er sich eines zarten Stativs, wie bey den Meßtischen, das man beym Nichtgebrauch als einen Wanderstab tragen kann. Oberhalb der drey Füße, wo sonst die Nuß befindlich ist, ist bloß ein cylindrisches Stück vorhanden, an welches ein hölzernes Kreuz mit einer Stellschraube befestigt werden kann. Dieses Kreuz hat an seinem vertikalen Theile ein Paar Kopfschrauben, an deren Enden sich die hintere Seite des Barometers legt. Am Ende des horizontalen Kreuzstücks ist mittelst einer Preßschraube das Barometerbret selbst befestigt, so daß es nicht allein seitwärts, sondern auch etwas vor- und hinterwärts bewegt, und auf solche Weise genau vertikal gestellt werden kann.

Auch in den neuesten Zeiten sind die ältern Vorschläge, die Barometer sehr empfindlich zu machen, wieder erneuert worden. Herr Wilson [u]) gab eine neue Einrichtung der Barometer an, wovon er glaubt, daß sie keinen von den Fehlern der vor ihm vorgeschlagenen unterworfen sey. Sie besteht in folgenden: es ist (fig.

u) *Nicholson*'s journal of natural philosophy. Sept. 1803.

(fig. 20.) a b eine Röhre, welche sich von den gewöhnlichen Barometerröhren bloß darin unterscheidet, daß sie weiter und länger ist, damit ein cylindrisches Stäbchen q r darin frey im Quecksilber schwimmen könne, wovon aber ein Theil über der Quecksilberfläche heraussteht, und daß sich am untern Ende eine engere Röhre b c d, statt des sonst erforderlichen Quecksilbergefäßes, angesetzt befindet. An dem untern Ende des Stäbchens ist ein Haar, oder auch ein dünner Eisendrath befestigt, welcher durch das Quecksilber geführt und bey d herausgezogen wird, so daß man mittelst desselben das Stäbchen niederziehen, und es wieder in die Höhe lassen kann.

An dem kurzen Schenkel c d ist ein Zeichen bey n, auf welches man jedesmal die Quecksilberfläche stellen kann, wenn man das Stäbchen nach Erfordern in Bewegung setzt; denn wenn es niederwärts gezogen wird, so erhöht sich der Quecksilberstand in beyden Schenkeln, welcher im Gegentheil niedriger wird, wenn man das Stäbchen in die Höhe läßt.

Hat man nun den Stand des Quecksilbers an dieses Merkmal gebracht, so kann man aus der beobachteten Veränderung des Quecksilberstandes bey n auf eine Veränderung im Druck der Luft schließen, z. B. daß dieser Druck zugenommen habe, wenn das Quecksilber unter n steht, und so umgekehrt.

Die Veränderungen des Standes, sowohl bey m als bey n, sind in einem bestimmten Verhältnisse mit den Veränderungen der Quecksilbersäule m r, welche von der Luft gehalten wird. Ein gewisses Fallen oder Steigen bey m ist nämlich für das demselben entsprechende Fallen oder Steigen bey n in einem verkehrten Verhältnisse der Grundflächen der Quecksilber-

ber-

berschnitte, oder Quecksilbercylinder bey m und n, oder im Verhältnisse des Querschnitts der Röhre cd und des Unterschieds der Querschnitte vom Quecksilber und Stäbchen in ab. Es seyen z. B. D, d, r die Durchmesser von ab, dc und dem Stäbchen, so ist das erwähnte Verhältniß $d^2 : (D^2 - r^2)$. Gesetzt, das Quecksilber stehe zuerst bey m und n, und hernach bey y und x, so ist die ganze Veränderung der von der Luft gehaltenen Quecksilbersäule my + nx. Setzt man $D = 5'''$, $d = 2'''$ und $r = 1'''$, so ist $d^2 : (D^2 - r^2) = 4 : 24 = 1 : 6$, folglich die Veränderung bey m zur Veränderung der ganzen Seitenlänge $= d^2 : D^2 + d^2 - r^2 = 1 : 7$, oder die Veränderung bey n zur Veränderung der ganzen Säule, die von der Luft getragen wird, $= D^2 - r^2 : D^2 + d^2 - r^2 = 6 : 7$. Kann man also die Veränderungen bey m und n genau genug messen, so weiß man auch die Veränderungen im Druck der Atmosphäre.

Anstatt aber diesen Weg einzuschlagen, zieht man das Stäbchen so weit herab, bis das Quecksilber wieder an das Merkmal n kommt, und man hat an dem Raume, welchen das aus dem Quecksilber hervorstehende Ende des Stäbchens bey diesem Herabziehen durchläuft, ein anderes Maaß für die Veränderung des Luftdrucks, welches man zugleich so weit vergrößern kann, als man nur will.

Man nehme z. B. an, das Quecksilber sey von n bis x gefallen, und im langen Schenkel von m bis y gestiegen, so nimmt man durch Herunterziehen des Stäbchens so viel Quecksilber aus dem langen Schenkel hinweg, als den Raum nx auszufüllen nöthig ist; zu diesem Ende muß das Stäbchen eine gewisse Strecke

niederwärts gezogen werden, und diese Strecke wird desto mehr betragen, je dünner das Stäbchen ist, so daß zwischen dem Querschnitt des Stäbchens und dem bey n oder x im kurzen Schenkel, ein bestimmtes Verhältniß für die Veränderung des Barometerstandes vorhanden ist. Herr Wilson zeigt durch analytische Rechnungen, wie man eine vergrößerte Skale für den obern Endpunkt des Stäbchens bestimmen könne, bemerkt aber am Ende, daß wegen der zu wenigen Genauigkeit, mit welcher man die Durchmesser D, d und r zu messen im Stande sey, jene Skale lieber nach Erfahrungen an einem Normalbarometer auszumitteln seyn möchte. Er bemerkt dabey, daß, wenn der kurze Schenkel dc eng sey, der Vortheil größer werde; zwar vermindert dieser Umstand die Größe der Skale selbst in etwas, aber die Aenderung nx ist desto beträchtlicher, welches ein wichtiger Umstand ist; auch ist da nicht so viel Schaden von der Bewegung des Quecksilbers zu befürchten. Man kann deßhalb z. B. bey einem Quecksilberstand von 27 Zoll an einem gewöhnlichen Barometer, wie hier bey q, ein Merkmal machen, wo jetzt das Quecksilber steht; steigt es nun etwa 1 Linie im gewöhnlichen Barometer, so bringt man im Wilson'schen durch Herabziehung des Stäbchens das Quecksilber im kurzen Schenkel wieder an das anfängliche Merkmal, und sieht nach, um wie viel der Punkt q dadurch niedriger gekommen ist, z. B. bis y, so wird der Raum qy den Werth von 1 Linie Aenderung anzeigen; dieß geschieht am besten so, daß man eine Skale auf dem Stäbchen selbst verzeichnet.

Herr Wilson bemerkt, daß er durch folgende Betrachtung auf diese Vorrichtung gekommen sey. Es fiel

fiel ihm ein, daß, wenn man Wasser in eine lange Röhre, die an dem kurzen Schenkel eines Heberbarometers angesetzt ist, gösse, man dadurch das Quecksilber, welches über das Merkmal n heraufgestiegen wäre, wieder bis an dasselbe herabbringen könnte. Eine solche Wasserhöhe, die 14mal mehr betrüge, als die Tiefe, bis auf welche der Quecksilberstand herabgebracht wäre, könnte also ein Maaß für die Veränderung des Luftdrucks abgeben. Umgekehrt müßte man aus der langen Röhre so viel Wasser herausnehmen, bis ein unten befindlicher Quecksilberstand auf diese Höhe wieder herauf gebracht worden wäre. Ein solches Zu- und Ablassen des Quecksilbers ließe sich am besten durch einen Heber und ein etwas tiefes Gefäß bewerkstelligen. Denn wenn der Heber mit Wasser angefüllt ist, und nun das Gefäß so hoch erhoben wird, daß der Wasserstand darin höher als der in der langen Röhre ist, so wird Wasser aus jenem in diesen laufen; senkt man aber das Gefäß so weit, daß es darin niedriger steht, so erfolgt gerade das Gegentheil. Dieß Werkzeug hat alle Vortheile eines Wasserbarometers, und bedarf doch keiner großen Höhe, sondern die Röhre braucht höchstens etliche und 40 Zoll lang zu seyn. Indessen bemerkt Nicholson, daß auch dieses Instrument, wie alle andere Barometer, der Schwierigkeit unterworfen sey, daß man nicht genau sagen könne, wenn das Quecksilber gerade bey n steht.

Endlich hat auch Herr Prof. Schmidt x) in Gießen über das im I. Th. S. 433. angeführte Huygens'sche Doppelbarometer verschiedene Bemerkungen ge-

x) Gilbert's Annalen der Physik. B. XIV. S. 199. f.

gemacht, welche zeigen, daß es, nach richtigen Grundsätzen und in der gehörigen Vollkommenheit verfertigt, unter den nicht transportablen Barometern sowohl wegen seiner Empfindlichkeit als Genauigkeit vor allen übrigen den Vorzug verdiene. Unter allen Einwürfen, welche man gegen dieses Barometer gemacht hatte, schien ihm der, welcher von der Einwirkung der Wärme herrührt, der erheblichste gewesen zu seyn, und eben dadurch ward er lange Zeit abgehalten, diesem Werkzeuge seine Aufmerksamkeit zu schenken. Allein vor ein Paar Jahren ward er durch die Theorie und Erfahrung überzeugt, daß auch dieser Einwurf völlig grundlos sey, indem man dem doppelten Barometer leicht eine solche Einrichtung geben könne, daß aller Einfluß der Wärme auf dasselbe sich völlig aufhebe und wegfalle; ein Vorzug, den bisher kein anderes Barometer hat. Nach des Herrn Schmidt's Berechnung kommt es nur darauf an, daß die Querschnitte der Cylinder im Verhältnisse mit den Querschnitten der Spiritusröhren sehr groß und von gleicher Größe sind.

Was den einen Einwurf gegen die Empfindlichkeit dieses Barometers durchs Reiben des Quecksilbers und des darüber gegossenen Liquors an den engen Röhren betreffe, so beweise die Erfahrung gerade das Gegentheil. Denn wenn das doppelte Barometer, sowohl im Sinken als Steigen, einem vollkommenen Heberbarometer regelmäßig voreile, und nur alsdann mit ihm übereinstimme, wenn der Barometerstand eine Zeitlang unveränderlich bleibt: so könne man jenes Barometer doch wohl nicht unempfindlich schelten.

In

In Ansehung des andern Einwurfs, daß nämlich dieses Barometer beym schnellen Fallen, wegen der Adhäsion der Flüssigkeit an die Glaswand, tiefer stehe, als es solle, erwiedert Schmidt, daß dieser sehr unbedeutend sey, wenn man nur keine zähe, klebrige und bloß mechanisch gefärbte Flüssigkeit auf das Quecksilber gieße. Eine Auflösung von Orseille in gutem Weingeiste sey der Absicht so vollkommen entsprechend, daß bey den schnellsten Veränderungen des Barometers die Röhre über der Oberfläche des Spiritus nicht gefärbt, sondern nur mit einem unmerklich feinen Thau bekleidet erscheint, der die Oberfläche der Flüssigkeit um keine 0,1 Linie, d. i. in der Skale des gewöhnlichen Barometers ausgedruckt, noch keine 0,01 Linie erheben würde.

Der dritte, von dem Verdunsten des Liquors gegen das doppelte Barometer hergenommene Einwurf sey zwar allerdings in der Natur der Sache gegründet, allein keinesweges so erheblich, als er Anfangs scheine. Denn das Verdunsten sey in einer so engen Röhre, als man für den Liquor über dem Quecksilber bey dem doppelten Barometer zu wählen pflegt, die höchstens $\frac{1}{2}$ Linie im Durchmesser habe, bey einer temperirten Wärme so unbedeutend, daß die Höhe der Säule binnen Jahr und Tag kaum um einige Linien abnehmen werde. Nehme man indessen an, sie vermindere sich um 1 ganzen Zoll, so entstehe doch daraus kaum ein merklicher Fehler in der Angabe des doppelten Barometers. Trete die Verminderung plötzlich ein, so würde eben dadurch der Druck auf die Oberfläche des Quecksilbers geringer, und durch dessen Uebergewicht die Oberfläche der Spiritussäule wieder in die Höhe gehoben. Bloß der Unterschied zwischen

jenem Steigen und diesem Sinken, auf die Skale des gemeinen Barometers reducirt, sey der durch das Verdunsten in der Angabe des doppelten Barometers entstandene Fehler.

Herr Schmidt ließ sich von Herrn Ciarcy ein doppeltes Barometer verfertigen, bey welchem die beyden Cylinder $\frac{1}{2}$ Paris. Zoll im Durchmesser hatten; sie waren so, wie die Röhre, worin sich der Spiritus bewegt, vollkommen calibrirt. Durch vorgängiges Füllen und Abwägen mit Quecksilber fand sich das Verhältniß der Durchschnitte von den Cylindern zur Röhre = 191 : 1. Das specifische Gewicht des mit Orseille gefärbten Weingeistes war bey einer Temperatur von 15° Reaum. = 0,907, und das specifische Gewicht des Quecksilbers = 13,5. Nach diesen Datis berechnete er die Skale des doppelten Barometers, und fand, daß 2 Zoll Bewegung am gemeinen Barometer hier 24,96 Zoll ausmachten. Hiernach wurde die Skale des doppelten Barometers so eingetheilt und beschrieben, daß die Theile, ohne alle Reduktion, den Zollen, Linien, Zehnteln und Hundertteln von Linien an der Skale des gewöhnlichen Barometers entsprachen. Hiernach verhielt sich also das specifische Gewicht des Quecksilbers zum Spiritus wie 15 : 1, und $12\frac{1}{2}$ Zoll Bewegung entsprachen 1 Zoll an der Skale des gemeinen Barometers. Wenn sich die Höhe der Spiritussäule durch das Verdunsten um 1 Zoll vermindert, so wird der Druck um $\frac{1}{15}''$ Quecksilbersäule geringer, folglich der Spiritus um $\frac{12\frac{1}{2}}{15}$ Zoll wieder gehoben. Die eigentliche Veränderung in dem Stande der Säule beträgt also nur $\frac{2\frac{1}{2}}{15}$ Zoll, welches, in der Skale des gemeinen Barometers

ters ausgedruckt, $= \frac{2\frac{1}{2}}{15 \cdot 12\frac{1}{2}}$ Zoll = 0,16 Linien ist. Hat man daher ein doppeltes Barometer nur ein mal recht genau nach einem guten gewöhnlichen Barometer regulirt, so wird es gewiß sehr lange dauern, bevor zwischen Beyden durch das Verdunsten des Spiritus eine Disharmonie entsteht. Und was sey es endlich für eine große Mühe, wenn man nach Jahr und Tag einmal wieder etwas Spiritus zugießen, und die Regulirung aufs neue vornehmen müsse? Müßten ja doch die gewöhnlichen Barometer von Zeit zu Zeit gereinigt und wieder ausgekocht werden, wenn sie in der gehörigen Vollkommenheit bleiben sollten.

Die einzige Unbequemlichkeit der doppelten Barometer sey bloß diese: man dürfe sie so wenig als möglich bewegen, damit nicht durch starke Oscillationen der Spiritus und das Quecksilber in dem untern Cylinder so mit einander vermischt werden, daß wohl gar etwas Feuchtigkeit in den horizontalen Theil der Röhre kömmt, welcher die beyden Schenkel mit einander verbindet, indem sonst zu befürchten ist, daß sich die Feuchtigkeit durch das Quecksilber in den obern leeren Raum begebe, wodurch das Werkzeug wegen der entstehenden Dämpfe völlig unbrauchbar werden würde. Eben daher müsse auf das Auskochen des Quecksilbers alle Sorgfalt verwendet werden, damit weder Luft noch Feuchtigkeit zurückbleibe, die wegen der großen Empfindlichkeit der Werkzeuge hier einen schädlichern Einfluß, als selbst bey den gewöhnlichen Barometern, äußern würden. Am sichersten sey es, das doppelte Barometer, wenn der Spiritus aufgegossen und der Stand desselben regulirt sey, ruhig an Ort und Stelle hangen zu lassen.

Ueber-

Ueberhaupt aber war die Empfindlichkeit des doppelten Barometers nach Herrn Schmidt's Beobachtungen so groß, daß jeder einzelne mäßig heftige Windstoß eine Oscillation von einigen Hunderttheilen einer Linie in dem Stande desselben veranlaßte. Er hielt daher dieses Barometer vorzüglich geeignet, die Größe der atmosphärischen Ebbe und Fluth in unsern Gegenden auszumitteln.

Auch hat man auf Barometer gedacht, welche ihren Stand selbst aufschreiben, und den Nahmen Barometergraphen erhalten haben. Nach Herrn Luz [y]) ist der erste Barometergraph in England verfertigt worden. Das wesentlichste desselben besteht aus einem Heberbarometer, das an beyden Schenkeln $1\frac{1}{2}$ Zoll weite Behältnisse hat, in welchen die Quecksilberflächen steigen und fallen. Auf dem Quecksilber im untern Schenkel liegt ein Cylinder von Elfenbein mit einem senkrecht heraufgehenden Drathe, der durch Hülsen geführt ist, damit er stets senkrecht bleibe. Alles dieß wird von einem Gegengewichte gehalten, damit es nicht zu sehr aufs Quecksilber drucke. Oben am Drathe ist ein schreibender Stift angebracht. Vor diesem Stifte führt ein Uhrwerk mit gleichförmiger Bewegung einen Schieber vorbey, auf welchem ein Mußchenbroek'sches Gitter (Th. IV. S. 183.) verzeichnet ist. Der Stift wird durch den Drath, der elastisch seyn muß, an die Zeichnung angedruckt. Da er mit dem Quecksilber im untern Schenkel steigt und fällt, so zeichnet er diese Bewegungen aufs Papier, während dasselbe vom Uhrwerke gleichförmig fortgezogen wird. So entsteht eine eigene Zeichnung den Veränderungen im untern Schenkel eines Heberbarometers gemäß.

Chan-

y) Beschreibung von Barometern. §. 210. u. f.

Changeux [z]) hat dieses Barometergraph verbessert, indem er das Gitter in eine runde Scheibe umbeugt, so daß sich die horizontalen Linien in concentrische Kreise, und die vertikalen in Stücke von Halbmessern verwandeln. Diese Scheibe bringt er an eine Pendeluhr so an, daß sie gleichförmig umgedreht wird. Der Stift steht hier vor der Scheibe; alle Stunden ein mal schlägt ein Hammer auf den Drath, und verursacht dadurch, daß der Stift am gehörigen Orte die Scheibe mit einem Punkte bezeichnet.

Eine andere Einrichtung eines Barometergraphen hat Arthur Macquire [a]) angegeben. Die Barometerröhre schwimmt auf dem Quecksilber, und macht eine Art von Wagebarometer. Sie wird höher gehoben, wenn das Quecksilber im Barometer sinkt, und umgekehrt. Diese Veränderungen zeichnet ein Bleystift auf Papier, das durch ein Uhrwerk vorbeygeschoben wird.

Die merkwürdige Erscheinung (Th. II. S. 417.), daß eine Quecksilbersäule von 60 bis 70 engl. Zoll in der torricellischen Röhre hangen bleibt, sucht Herr Luz auf diese Art zu erklären. Weil diese Erscheinung bey allen gut ausgekochten Barometern statt findet, so meint Herr Luz, daß das Quecksilber und das obere Ende der Röhre durch das Auskochen am besten von der Luft gereinigt werde. Allein man solle nicht glauben, daß die Luft gänzlich vertrieben worden sey. Vielleicht entwickele sich selbst aus dem Quecksilber eine künstliche Luftart, von welcher sich selbst

z) Journal de physique. Nov. 1780.

a) Description of a self-registering barometer, read May 1791 in den Transact. of the Roy. Irish Acad. Vol. IV. Dubl. 4. art. 8.

selbst im Quecksilber und an den Seitenwänden der Glasröhre ein geringer Theil festsetze. Diese zurückgebliebene Luft sey aber auf einen größern Raum ausgetheilt, und folglich so verdünnt, daß man sie für nichts ansehen könne. Aus diesem Grunde hange das Quecksilber mit der Röhre, beyde durch die Atmosphäre gegen einander gedruckt, so fest zusammen, als zwey magdeburgische Halbkugeln, oder als zwey sehr sorgfältig auf einander geschliffene Platten. Weil bey so großer Abwesenheit der Luft, Quecksilber und Glas einander auf das innigste berühren; so könnten sie auch den stärksten Grad der Attraction gegen einander beweisen. Aus diesen zwey Gründen bleibe das Quecksilber in der Barometerröhre, nach dem Auskochen, an dem obern Ende der Röhre hangen.

Sey aber die Quecksilbersäule einmal von dem Glase losgerissen, so sammle sich die im Quecksilber, und zwischen dem Quecksilber und der Röhre zuvor vertheilte sehr dünne Luft in den obern leeren Raum. Lasse man die Quecksilbersäule wieder an das Ende der Röhre hinauf laufen, so werde die im leeren Raum der Röhre befindliche äußerst verdünnte Luft zusammengedruckt, und an das äußerste Ende der Röhre angesammelt. So wenig es auch seyn möge, so verhindere sie doch, da sie in einem sehr kleinen Raum beysammen sey, daß das Glas und das Quecksilber sich in allen ihren Theilen so innig als zuvor berühren können, und die Säule bleibe aus diesem Grunde nicht mehr an der Röhre hangen.

Was den Einfluß der Wärme auf die Quecksilbersäule betrifft, so hat der Ritter Schuckburgh [b]) beynahe die nämliche Ausdehnung des Quecksilbers im Ba-

b) Philos. Transact. Vol. LXVII. n. 29.

Barometer gefunden, als de Lüc. Nach seinen Versuchen dehnte sich das Quecksilber von dem Frostpunkte bis zum Siedpunkte auf 5,91 Linien aus.

Zu gleicher Zeit machte auch William Roys c) seine Versuche über diesen Gegenstand bekannt. Er machte die Einrichtung, daß die ganze Quecksilbersäule des Barometers in schmelzendes Eis, und gleich darauf in sehr heißes Wasser gestellt werden konnte. Bey diesen Versuchen fand er, daß sich eine 30 englische Zoll lange Quecksilbersäule vom Eis- bis zum Siedpunkte um 0,5117 Zoll ausdehnt, welches etwa 5,7617 Par. Linien austrägt.

Auch Herr Rosenthal hat die Ausdehnung des Quecksilbers im Barometer durch unmittelbare Versuche gemessen, und gefunden, daß sich eine 27 Pariser Zoll lange Barometersäule vom Eis- bis zum Siedpunkte um $\frac{89}{16} = 5\frac{9}{16} = 5,56$ Linien ausdehnt.

Herr Luz, der ebenfalls über diesen Gegenstand Versuche anstellte, fand, daß eine Barometersäule von 27 Paris. Zoll durch eine Wärme, die vom Eis- bis zum Siedpunkte reicht, um 5,64 Linien ausdehnt. Herbert aber giebt diese Ausdehnung nur 5,08 Par. Linien an.

Man nehme überhaupt an, die Barometersäule, welche bey 0 Grad Wärme auf der Höhe a steht, dehne sich bis zum Siedpunkte um die Höhe m aus. Das Thermometer, welches man zur Berichtigung der Barometerhöhe gebraucht, besitze zwischen dem Frost- und Siedpunkte h Grade, und zeige bey der Beobachtung des Barometers g Grade über dem Gefrierpunkte; endlich sey die Temperatur, auf welche man

c) Ibid. n. 34.

man alle Barometerbeobachtungen reduciren will, = n Grad über dem Frostpunkte, und die beobachtete Barometerhöhe = b, so wird die Verbesserung

$$= \frac{b}{a + \frac{gm}{h}} \cdot \frac{gm}{h} = \frac{bgm}{ab + gm}$$

Da aber alle Barometerbeobachtungen auf n Grade über dem Frostpunkte reducirt werden sollen, so muß man statt g die Differenz g — n setzen, und man hat die Verbesserung

$$= \frac{bm\,(g - n)}{ah + gm}$$

Es ist folglich die verbesserte Barometerhöhe

$$= b - \frac{bm\,(g-n)}{ah+gm} = \frac{bah + bgm - bgm + bgn}{ah + gm}$$

$$= \frac{bah + bgn}{ah + gm} = \frac{ah + gn}{ah + gm} \cdot b$$

$$= b\left(1 + \frac{(n-g)\,m}{ah + gm}\right)$$

Weil gm gegen ah immer sehr klein ist, so kann man ohne beträchtlichen Fehler in der Ausübung dafür setzen

$$b\left(1 + \frac{(n-g)\,m}{ah}\right)$$

Nimmt man mit de Lüc m = 6 Linien, a = 27 Zoll = 324 Linien, und nach seiner Thermometerskale h = 96, n = 12, und g = f + 12, so ergiebt sich

$$b\left(1 - \frac{f.6}{324.96}\right) = b\left(1 - \frac{f}{54.96}\right)$$

Stellt

Stellt man die Beobachtungen mit dem Reaumürschen Thermometer an, so ist $h = 80$. Wäre nun $n = 0$, $g = 8$, so ist die berichtigte Barometerhöhe

$$= b\left(1 - \frac{8 \cdot 6}{324 \cdot 80}\right) = b\left(1 - \frac{1}{54 \cdot 10}\right)$$

$$= b\left(1 - \tfrac{1}{540}\right)$$

Ist also die beobachtete Barometerhöhe = 28 Grad, so wird die berichtigte

$$= 336\left(1 - \tfrac{1}{540}\right) = \frac{336 \cdot 539}{540} = 335{,}38 \text{ Linien.}$$

Würde man aber die Beobachtungen mit dem Fahrenheitschen Thermometer anstellen, so sey der Grad desselben bey der Beobachtung des Barometers = f, und der, worauf die Beobachtung reducirt werden soll, = k. Nun ist $h = 180$, $g = f - 32$, und $n = k - 32$, mithin die berichtigte Barometerhöhe

$$= b\left(1 + \frac{k - f}{9720}\right)$$

es wäre also hier die Verbesserung wegen der Wärme $= \frac{k - f}{9720} \cdot b$, welche zu der beobachteten Höhe addirt, wenn $k - f$ positiv, hingegen subtrahirt werden muß, wenn $k - f$ negativ ist.

Um diese Rechnung bey jedesmaliger Beobachtung der Barometerhöhe zu ersparen, hat Herr Schlögl [d]), Canonicus in München, eigene Reduktionstabellen berechnet, woraus man bey jedesmaliger

d) Tabulae pro reductione quorumvis statuum barometri ad normalem quendam caloris gradum publico usui datae a P. *Guarino Schlögl*. Ingolst. 1787. 4.

liger Beobachtung am Barometer und Thermometer sogleich die berichtigte Barometerhöhe nehmen kann. Bey diesen Tafeln, welche eigentlich zum Gebrauch der meteorologischen Gesellschaft zu Mannheim bestimmt sind, ist das Reaumürsche Thermometer zum Grunde gelegt worden.

Wenn man nun von den angegebenen Bestimmungen, wie weit sich nämlich das Quecksilber vom Eispunkte bis zum Siedpunkte ausdehnt, das arithmetische Mittel nimmt, so findet man die Zahl 5,5 = $5\frac{1}{2}$ Linie. Auch dieses nimmt Herr Schlögl an, und er hat hiernach die Berechnung seiner Tafeln so angestellt, daß er bey jeder Veränderung der Wärme von 1 Grad zeigt, um wie viel sich eine jede andere Quecksilbersäule von b Zoll Länge ausdehne. Nimmt man den Gefrierpunkt zur Reduktionstemperatur an, so hat man in der vorhin angegebenen Formel $a = 27$ Zoll $= 324$ Linien, $h = 80$, $m = 5\frac{1}{2}$, $n = 0$, mithin $\frac{m}{a} = \frac{5,5}{324} = \frac{11}{648}$, und folglich die berichtigte Barometerhöhe

$$= b\left(1 - \frac{11g}{648 \cdot 80}\right),$$

wo der Bruch $\frac{11}{648 \cdot 80}$ ohne merklichen Fehler $= \frac{1}{4713}$ gesetzt werden kann.

Wenn g einen Wärmegrad über dem Gefrierpunkte anzeigt, so muß die Verbesserung von der Barometerhöhe abgezogen, im entgegengesetzten Falle aber dazu addirt werden. Die Schlöglschen Tafeln geben die Verbesserung für jeden Reaumürschen Grad, und für jede Barometerhöhe von 20 bis 29 Zoll an.

Statt

Statt der etwas unbequemen Zahl 4713 im Nenner nimmt Herr Gerstner [e]) die Zahl 4800 an; mithin wäre alsdann $\frac{1}{4800} = \frac{1}{60.80} = \frac{5,4}{324 . 80}$ d. h. er nimmt an, die Quecksilbersäule dehne sich vom Frostpunkte bis zum Siedpunkte um 5,4 Linien aus. Bey den gewöhnlichen Barometerhöhen macht dieß gar keinen beträchtlichen Fehler aus. Vermöge dieser Annahme hat man alsdann die berichtigte Barometerhöhe

$$= b\left(1 - \frac{g}{4800}\right)$$

und die Correktion $= \frac{gb}{4800} = \frac{1}{12} b . \frac{g}{400}$. Da nun $\frac{1}{12}$ b nichts weiter ist, als die Barometerhöhe in Zollen ausgedruckt, so giebt dieß folgende sehr leichte Regel:

Die Correktion der Barometerhöhe findet man, wenn man die Barometerhöhe b in Zollen mit dem beobachteten Thermometergrade nach Reaumür multiplicirt, und dieses Produkt durch 400 dividirt.

Soll aber eine solche Berichtigung des Barometers wegen des Einflusses der Wärme so viel als möglich genau geschehen, so muß das Thermometer, welches zu den Beobachtungen gebraucht werden soll, am Brete des Barometers selbst sich befinden, damit beyde unter völlig gleichen Umständen sind, und einer-

e) Beobachtungen über den Gebrauch des Barometers bey Höhenmessungen; in den Beobacht. auf Reisen nach dem Riesengebirge, von Js. Haenke, Gruber und Gerstner. Dresden 1791. 4. S. 279.

einerley Temperatur erhalten. Wegen dieser Unbequemlichkeit und vielleicht einer dabey zu befürchtenden Unrichtigkeit hat man auf ein Mittel gedacht, auch ohne Thermometer den Einfluß der Wärme auf das Quecksilber im Barometer bestimmen zu können. Eine solche Methode giebt Paul de Lamanon [f]) in einem Briefe an Herrn Mongez an. Er gebraucht nämlich eine vollkommen gleich weite Barometerröhre, welche so umgebogen wird, wie das Normalbarometer des Herrn de Lüc. Wenn das Quecksilber im langen Schenkel um 1 Linie sinkt, so muß es in dem kurzen um 1 Linie sich erheben. Zu einer Zeit, wo das Thermometer einige Tage lang eine temperirte Wärme zeigt, wird die Länge der Barometersäule im Barometer von den beyden Oberflächen des Quecksilbers an gemessen. Man nehme an, sie betrüge in diesem Falle 28 Zoll. Wenn sich nun zu einer andern Zeit das Quecksilber im langen Schenkel um 1 Linie erhöhte, ohne in dem kurzen um 1 Linie zu fallen, so muß der Grund davon nothwendig in der Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme liegen. Da aber die Ausdehnung in beyden Schenkeln im Verhältnisse der Höhe der beyden Quecksilbersäulen geschieht, so muß solche vorher berechnet, und der wahre Stand des Barometers daraus gefunden werden. Herr Luz bemerkt, daß bereits im Jahre 1759 Herr de la Grange die Einrichtung eines solchen Barometers bekannt gemacht habe.

Dasselbe Verfahren mit einer kleinen Veränderung hat auch Herr Rosenthal im Jahre 1779 als seine Erfindung bekannt gemacht. Hiebey setzt er

f) Journal de physique. 1782.

er folgendes voraus. Die ganze Masse Quecksilber im langen und kurzen Schenkel des Barometers muß gemessen werden zur Zeit, wenn das Reaumürsche Thermometer + $16\frac{3}{4}$ Grad zeigt. Diese Wärme nennt Herr Rosenthal Normaltemperatur, so wie er die bey dieser Temperatur gemessene Quecksilbersäule in beyden Röhren, und zwar über und unter der Horizontalebene, den Nahmen Normallänge giebt. Unter der scheinbaren Normallänge versteht Herr Rosenthal jene Länge der ganzen Quecksilbermasse, welche bey einer größern oder geringern Wärme gemessen, und mithin länger oder kürzer als die Normallänge befunden wird. Der Barometerstand ist dann der wahre, wenn das Barometer zugleich die Normallänge angiebt, welches nur bey der Normaltemperatur geschieht. Der wahre Barometerstand heißt auch derjenige, der bereits berichtigt, und auf die Normaltemperatur reducirt worden ist. Der scheinbare Barometerstand bedeutet endlich die Höhe der Barometersäule über der Horizontalebene, die zu einer Zeit beobachtet worden, wenn das Thermometer über oder unter der Normaltemperatur steht; oder der noch nicht berichtigte und auf die Normaltemperatur reducirte Barometerstand. Herr Rosenthal sieht die Skale, deren sich Herr de Lüc zu seinen Beobachtungen bediente, für unschicklich an, und wählt dafür diejenige, welche jener als eine unschickliche verwarf. Die Null steht nämlich gleich unten über der Krümmung der Röhre; sowohl am langen als kurzen Schenkel werden die Grade aufwärts gezählt; und die Grade laufen vom kurzen an den langen Schenkel fort. Um mit dieser Skale die Barometerhöhe zu finden, bemerkt man das Ende der Quecksilbersäule im kurzen und

 im

im langen Schenkel, und zieht dann von den Graden des langen Schenkels die Grade des kurzen ab. Uebrigens beobachtet Rosenthal am Barometer nach sechzehntheiligen Linien; und damit er nicht nöthig habe, Zolle, ganze Linien und sechzehntheilige Linien anzusetzen, so hat er $\frac{1000}{16}$ Linien einen Barometerfuß genannt, und seiner Skale solche Theile gegeben, daß 1 Grad so viel als $\frac{1}{10}$ Linie bedeutet.

Nun findet Rosenthal die Normallänge sowohl als die scheinbare Normallänge, wenn er den Stand der Quecksilbersäule im langen und kurzen Schenkel addirt. Die Barometerhöhe aber bekommt er, wenn er von der Quecksilbersäule im langen Schenkel die Quecksilbersäule im kurzen abzieht.

Gesetzt nun, er hätte bey der Normaltemperatur die Länge der Quecksilbersäule im langen Schenkel $= 5609$, und im kurzen 424 gefunden, so wäre die Normallänge $= 5609 + 424 = 6033$, und der wahre Barometerstand $= 5609 - 424 = 5185$. Zu einer andern Zeit hätte er die Länge der Quecksilbersäule im langen Schenkel 5650, und im kurzen 427 gefunden, so wäre die scheinbare Normallänge $= 5650 + 427 = 6077$, und der scheinbare Barometerstand $= 5650 - 427 = 5223$.

Um nun diesen scheinbaren Barometerstand zu berichtigen, und auf die Normaltemperatur zu reduciren, oder zu bestimmen, wie der Barometerstand seyn würde, wenn das Barometer die Normaltemperatur empfände, so bedient er sich folgender Formel:

Wie sich verhält die scheinbare Normallänge 6077 zur wahren Normallänge 6033, so verhält sich der

der scheinbare Barometerstand 5223 zum wahren Barometerstand x = 5185.

Herr Luz bemerkt hiebey ganz richtig, daß diese Methode, wenn man auch die jedesmahlige Rechnung nicht scheuete, wohl schwerlich anwendbar seyn möchte. Denn unter andern Schwierigkeiten führet er diese als die wichtigste an, daß hiebey die beyden Schenkel durchaus gleich weit seyn müßten; es sey aber nicht leicht, nur erträgliche gleich weite Barometerröhren zu erhalten. Daher sey es allemal sicherer, sich lieber eines Thermometers zu bedienen, und darnach die Correktion der beobachteten Barometerhöhe zu bestimmen, wie denn auch Herr Rosenthal selbst eingestanden habe, daß diese Methode sehr mühsam wäre, und daher wieder den Gebrauch des Thermometers in Vorschlag gebracht habe.

Ueber die Barometerveränderungen sind in diesem Zeitraume bis auf die neuesten Zeiten verschiedene Hypothesen aufgestellt worden.

Herr Changeux glaubte, daß, wenn viele Dünste in der Atmosphäre angetroffen werden, diese Luft in sich schlucken, wodurch die Atmosphäre ihre Spannung verliere, und das Barometer falle. Wird aber die Atmosphäre nach erfolgtem Regen von den Dünsten gereinigt, so breitet sich die Luft, die von den Dünsten verschluckt war, wieder aus, nimmt einen größern Raum ein, bekommt eine stärkere Spannung, und das Barometer muß steigen. Herr Changeux kam vermuthlich auf diesen Gedanken durch die Entdeckung der Gasarten, von welchen man anfänglich glaubte, daß sie in den Körpern, aus welchen sie sich entwickeln, gleichsam im eingekerkerten Zustande sich befänden, und selbst die Luft vom Was-

ser verschluckt werde und eben dadurch einen weit kleinern Raum einnehme, als wenn sie vom Wasser befreyet wäre.

Unter allen bisher aufgestellten Hypothesen hatte keine mehr Beyfall erhalten, als die des Herrn de Lüc. Allein der Herr de Saussure [g]) hat überzeugend dargethan, daß diese seine erste Hypothese grundlos sey. Er bewieß durch Versuche, daß das Barometer, von der größten Trockniß bis zur größten Feuchtigkeit, höchstens 3,5 Linien fallen könne; da es doch in unsern Gegenden Barometerveränderungen von 20, und unter dem Pol von 36 Linien giebt. Saussure selbst wagt es nicht, eine bestimmte Ursache der Barometerveränderungen festzusetzen. Er sagt erstlich, man müsse entscheiden, warum das Barometer unter dem Aequator so geringe, und unter dem Pol so große Veränderungen erleide. Hieran sey Schuld 1. weil unter dem Aequator die Wärme nicht so abwechselnd ist, als unter dem Pol. Unter der Linie beträgt die Abwechselung der Wärme im ganzen Jahre höchstens 25 Reaumürsche Grade, auf den Inseln und dem Meer unter der Linie 10 bis 12, in unserm gemäßigten Klima aber etliche 40, und in den nördlichen Ländern gegen 60 Grade; 2. die Winde sind unter der heißen Zone viel regelmäßiger; 3. die Atmosphäre muß unter der Linie eine größere Höhe haben, weil die Sonne sie auf eine größere Höhe erwärmt. Daraus lasse sich erklären, warum bey uns das Barometer im Winter eine größere Höhe zeigt.

Die

g) Versuch über die Hygrometrie. a. d. Franz. übers. Leipz. 1784. 8.

Die chemischen Auflösungen könnten wenig auf das Barometer wirken, da alle Gährungen, Fäulnisse, Ausdünstungen u. d. gl. unter der heißen Zone am stärksten, und doch die geringsten Barometerveränderungen daselbst sind. Die Wärme, die Winde, und die ungleiche Dichtigkeit der einander berührenden Luftschichten seyen die Hauptursachen der Barometeränderungen.

Die Wärme dehne die Luft aus. Er fand, daß die ganze Luftsäule, die auf einen Punkt der Erde drucke und durch 1 Reaumürschen Grad erwärmt würde, und daneben frey austreten könnte, so leicht werden würde, daß das Barometer um $\frac{20}{16}$ Linien fiele. Durch 16 Grad Wärme würde es 22 Linien fallen. Allein 1. die Atmosphäre leidet nur auf eine geringe Höhe eine Aenderung in ihrer Wärme, 2. wenn auch eine Luftsäule bis zu einer beträchtlichen Höhe erwärmt oder erkältet wird, so wird die ganze Atmosphäre der einen Halbkugel beynahe zur nämlichen Zeit gleich stark erwärmt, oder erkaltet. Die durch die Wärme erweiterte Luftsäule kann folglich nicht daneben austreten, da die anliegenden Luftsäulen gleiche Spannung erhalten haben. Die Lufrsäule muß sich also nur in die Höhe erweitern, und behält ihrer Lokkerheit ungeachtet einerley Schwere.

Nur in dem Fall, wenn eine einzige Luftsäule entweder durch einen Windstrom oder eine Wolke erwärmt oder erkaltet wird, kann sie in die benachbarten Luftsäulen eindringen, oder im entgegengesetzten Fall diese in sie hineintreten, und ein Steigen oder Fallen des Barometers verursachen.

Dieser Fall findet statt, wenn im Sommer der Regen die Luft an einem Ort abkühlt. Das Baro-

meter steigt in diesem Falle augenblicklich. Doch kann dieses nicht mehr als höchstens $\frac{3}{4}$ Linien betragen, da die erkaltete Luftsäule nicht allzuhoch war.

Ferner scheinen ihm die Winde einen starken Einfluß auf die Temperatur der Atmosphäre zu haben, indem 1. im Winter warme und im Sommer kalte Winde in eine Luftschicht eintreten, welche eine von ihnen sehr verschiedene Temperatur hatte. So kann z. B. die Atmosphäre 10 bis 20 Reaumürsche Grade kalt gewesen seyn. Es erfolgt ein warmer Thauwind. Dieser macht eine große Veränderung. Sind nun die benachbarten Luftschichten kalt oder unverändert geblieben, so kann die durch den warmen Wind erweiterte Luftsäule dahin eindringen; die Luft wird also leichter und das Barometer fällt. 2. Erstrecken sich die Winde auf eine beträchtliche Höhe. In den heißesten Frühlings- und Sommertagen kann die Sonne den Alpenschnee nicht schmelzen. Sobald aber ein warmer Wind kommt, sind nach 12 bis 15 Stunden die Ströme angelaufen und bisweilen gar ausgetreten.

Hiebey beantwortet de Saussure einen Einwurf des Herrn de Lüc, welcher behauptete: die Südwinde könnten im Sommer unsere Atmosphäre wenig verändern, da wir im Sommer beynahe eine eben so große Wärme als unter der Linie hätten. Der Herr de Saussure aber zeigt, daß dieß nur von der Oberfläche des Erdbodens gelte: in der Höhe sey es aber ganz anders. Quito und der St. Bernhard lägen in einerley Höhe, und doch komme am letzten Orte mitten im Sommer die Wärme selten viel über den Eispunkt; dahingegen Quito die angenehmste Gegend sey.

Auch

Auch hätten die Winde einen mechanischen Einfluß auf die Dichtigkeit der Luft. Wenn eine große Masse Luft schnell nach einen andern Ort, welcher in Ruhe sey, bewegt werde; so leide sie einen Widerstand. Es entstehe eine Spannung; die Luft werde angehäuft und schwerer. Vorzüglich geschehe dieß, wenn zwey Ströme gegen einander stießen.

Trete eine große Luftmasse von einem Orte schnell hinweg, so entstehe ein leerer Raum, und die Luft werde leichter. Auch der Vertikalwind, welcher durch Wärme, Dünste, Berge u. d. g. hervorgebracht werden könne, müsse die Atmosphäre schwerer machen, da durch das gerade Aufsteigen des Windes eine Spannung und eine Vermehrung der Luft entstehen müßte.

In der obern Atmosphäre befänden sich die heftigsten Winde. Denn auf den Bergen befinde sich fast allezeit einiger, und immer ein stärkerer Wind, als auf der Ebene. Die Veränderungen der Atmosphäre entständen daher in einer außerordentlichen Höhe. Dieses werde auch durch die kleinen weißen Flockwölkchen, die Vorbothen des Regens seyen, bewiesen. Denn diese stünden in einer ungeheuren Höhe, indem sie auf den höchsten Bergen noch eben so hoch zu stehen schienen, als wenn man sie auf der Fläche des Erdbodens betrachte.

Die Südwinde machen daher durch ihre Wärme die Luft leichter, und da sie beständig Dünste mit sich führen, so regnet es, wenn die Luft leichter wird. Im Sommer werde zwar öfters auch bey dem Südwinde die Luft kühl, und das Barometer steige. Allein dieß thue der Wind nicht, sondern der Regen. Der warme Südwind habe die Dünste herbeygeführt; diese fielen in unserer Atmosphäre, welche kälter sey, herab,

herab, brächten die Kälte der obern Luft mit, und könnten dadurch das Barometer zum Steigen bringen.

Nach de Saussure's Theorie wird die Luft durch die Kälte schwerer und verdichtet. Durch die Kälte werden aber auch die Dünste verdichtet, daß sie daher fallen, und sich in Regen verwandeln sollten. Und doch pflegt bey schwerer Luft heiteres Wetter zu seyn, da, wenn die schwerere Luft von der Kälte herkommen sollte, es dabey regnen müßte. Dieß würde auch geschehen, wenn die Nordwinde, welche uns die Kälte bringen, Dünste bey sich führten. Allein sie sind trocken, und dann treiben sie unsere Luft, die etwa noch Dünste enthält, vor sich her weg, daher kann es nicht regnen.

Uebrigens führt de Saussure aus Poleni und van Swinden zu Franecker Beobachtungen an, daß mit der Schwere der Luft nicht allezeit Trokkenheit, und mit der Leichtigkeit der Luft nicht allezeit Feuchtigkeit und Regen verknüpft sey; und daß bey 1175 Regen, die zu Padua in 12 Jahren gefallen sind, das Barometer nur 758mal gefallen sey.

Endlich gesteht auch de Saussure, daß die Dünste, und verschiedene bald schwerere bald leichtere Luftarten, z. B. dephlogistisirte, phlogistisirte, brennbare u. d. gl. Luft, wenn sie sich mit der atmosphärischen Luft vermischen, einige Veränderungen in der Schwere der Atmosphäre hervorbringen könnten.

Kirwan [h]) hat mit vielen Gründen gezeigt, daß alle bisherige Erklärungen über die Barometerveränderungen nicht hinreichen. Nach ihm erfolgen sie aus der

h) Transact. of the Irish Academy. Tom. II. 1788. in Gren's Journal der Physik. B. IV. S. 59. u. f.

der ungleichen Ausbreitung der Luft in den höhern Regionen, besonders gegen die Pole hin. Er nimmt nämlich an, daß zwischen den Wendekreisen eine Menge brennbarer Luft beständig in die Höhe steige, welche sich gegen die Pole hin bewege, und daselbst durch Verbrennung unter der Gestalt der Nord- und Südlichter gesehen werde. Diese Verbrennung der brennbaren Luft sieht er als die Hauptursache an, Veränderungen in Ansehung des Gleichgewichts der Atmosphäre hervorzubringen. Nach dieser seiner Hypothese erklärt er nun den Umstand, daß unter dem Aequator keine merkliche Barometerveränderungen statt finden, auf diese Art: zwischen den Wendekreisen fließe in den obern Regionen der Luft eben so viele brennbare Luft aus, als in den untern Gegenden nördliche und südliche Luft durch die Passatwinde zugeführt würde. Hingegen wären außerhalb den Wendekreisen, wegen den so verschiedenen Graden der Wärme und der Dichtigkeit der Luft, die obern Luftströme ungleich schneller, und es müßten häufige Unterbrechungen statt finden, wodurch das Gewicht der Atmosphäre vermindert werde. Ferner werde bey uns im Sommer die atmosphärische Luft durch die Sonnenwärme sehr ausgedehnt, und setze daher dem obern Strome der brennbaren Luft einen starken Widerstand entgegen, wodurch die brennbare Luft mehr gegen die südliche Halbkugel getrieben würde, und eben daher rühre bey uns die geringere Barometerveränderung im Sommer. Dagegen sey im Winter der obere Strom der brennbaren Luft bey uns weit stärker, und bewirke daher, daß zu dieser Jahrszeit die größten Quecksilberhöhen gefunden würden. Wenn die nördliche Luft im nördlichen Europa in andere Gegenden hinströmt, und daselbst die Luftmasse dadurch, oder auch

auch durch häufige Nordlichter, specifisch leichter würde, so fiele das Barometer, und da des Gleichgewichts wegen die Luft vom Mittage hin wehen müsse, so sehe man den Grund, warum das Barometer beym Südwinde falle. Im Gegentheil steige das Barometer beym Nord- und Ostwinde, weil alsdann die obere Luft in diesen Gegenden angehäuft würde. Fiele das Barometer vor einem Sturme, so rühre beydes, der Sturm und das Fallen, von einer größern Verdünnung der Luft in derjenigen Gegend her, wohin der Wind weht, und diese Verdünnung entstehe aus der Verminderung oder Zersetzung der obern Luft. Zur Zeit des Frühlings fange bey uns die obere brennbare Luft an, gegen Süden zu strömen, im Herbst aber sich gegen Norden zu bewegen; woraus die Stürme um die Zeit der Nachtgleichen, und die häufigen Barometerveränderungen erfolgten. Weil nun aber der Zufluß der brennbaren Luft gegen die nördliche Halbkugel in allen Jahren nicht gleich sey, so folge daraus auch, daß die mittlere Barometerhöhe in verschiedenen Jahren auch verschieden gefunden werden müsse. — Obgleich diese Hypothese von den Barometerveränderungen hinlängliche Rechenschaft giebt, so ist es doch sehr zweifelhaft, ob die heiße Zone eine so erstaunende Menge brennbarer Luft in die Atmosphäre senden könne, und ob die Nordlichter aus einer Verbrennung der brennbaren Luft bestehen, wenn gleich Kirwan die Entstehung der brennbaren Luft zwischen den Wendekreisen dadurch begreiflich zu machen sucht, daß daselbst durch Fäulniß thierischer und vegetabilischer Substanzen, durch Vulkane, und durch viele andere natürliche Operationen eine große Menge brennbarer Luft erzeugt werde, welche wegen der Leichtigkeit in die oberste Region der Atmosphäre steigen müsse.

Des

Des Herrn de Lüc Hypothese, welche mit wenigen Worten Th. IV. S. 200. erzählt worden, ward von ihm selbst dadurch widerlegt, daß er sich eine ganz andere Vorstellung von der Entstehung der Dünste, und der Verwandlung derselben in der Atmosphäre gemacht hat [i]). Er glaubt nämlich, daß die aufgestiegenen Dünste in der Atmosphäre selbst durch einen uns unbekannten Naturprozeß in wirkliche Luft verwandelt würden, welche nachher wieder zersetzt, und in Wasser umgeschaffen werde. Durch eine solche Verminderung und Vermehrung der Luft würde nun natürlich der geringere oder größere Druck der Luft auf die Erdfläche, und selbst das Steigen und Fallen des Quecksilbers im Barometer zu erklären seyn.

Hiernach sucht Herr Lampadius [k]) die Barometerveränderungen auf folgende Art zu erklären: außer den Bewegungen, welche die Wärme und Kälte durch ihre verschiedene Ausdehnung der Atmosphäre hervorbringe, könne man auch die Zersetzung der Luft, durch irgend eine Ursache, als den Grund ihrer Bewegung ansehen. Wenn z. B. in entfernter Gegend in Nordwest eine Zersetzung der Luft vor sich gehe, und dadurch ein Niederschlag des Wassers und Regen bewirkt werde; so würden wir Südostwind haben, weil nämlich die uns umgebende Luft der Richtung nach Nordwest folgen werde.

Langsame und anhaltende Regen bewirkten eine langsame Bewegung der Luft nach dem Orte, wo es

i) Neue Ideen über die Meteorologie. aus d. Franz. Zwey Theile. Berlin und Stett. 1787. 8.

k) Kurze Darstellung der vorzüglichsten Theorien des Feuers, dessen Wirkungen und verschiedene Verbindungen. Götting. 1793. 8. S. 104.

es regne. Donnerwetter, und überhaupt Schlagregen an von uns entlegenen Orten bewirkten Stürme; und endlich an dem Orte, wo die plötzlichen Zersetzungen vor sich giengen, träfen viele gegen einander wirkende Ursachen ein, welche die fürchterlichen Orkane und Wirbelwinde bey Gewittern verursachten; 1. das Hinzudringen der die Gegend der Zersetzung umgebenden Luft; 2. Ausdehnung durch das elektrische Fluidum; 3. Ausdehnung und Zurückprallung durch den dabey entstandenen Wasserdampf und dessen Verdichtung; und 4. das Fallen der ungeheuren Wassermasse. Daß sich zuweilen die Luft von einem Regenschauer zu uns bewege, könne zwey Ursachen haben: 1. wenn z. B. in der Mitte einer Beobachtung ein Regengewölk in Westen stehe, und die Luft bewege sich noch, ehe der Regen den Beobachtungsort erreiche, von Westen nach Osten, so könne in entfernter Gegend in Osten ebenfalls ein Regen fallen, der eben daher die Luft zwinge, der entstandenen Leere zu folgen; 2. die jenseits des Gewölks herbeyströmende Luft könne durch ihren Stoß die Luft noch einige Zeit diesseits des Gewölks bewegen.

Durch die auf diese Art erhaltene Bewegung der Luft würden die Wolken selbst mit fortgerissen. Wenn wir Nordwind hätten, so könnten wir schließen, daß die Zersetzung der Luft an vielen Orten in Süden über die in Norden das Uebergewicht habe. Meteorologische Beobachtungen an entfernten Orten mit einander verglichen würden uns hierüber Aufschluß geben.

Verschiedene Erscheinungen schienen ihm wirklich diese Idee zu bestätigen; denn oft bemerke man, wenn bey heiterm Himmel und Windstille die Luft anfange

sich

sich zu bewegen, daß sich in der entgegengesetzten Richtung des Windes die Luft trübe.

Es sey hinlänglich bekannt, daß die Barometerveränderungen sich oft und fast immer nach den Winden und nach der Stärke derselben richteten; hievon seyen folgende Sätze fast immer als gewiß anzusehen, denn sie gründeten sich auf Erfahrung:

1. Die Quecksilbersäule erreiche dann ihren höchsten Stand, wenn sich die Luft sehr langsam über trokkene Distrikte zu uns bewege, und wo die Ausdünstung am schnellsten und einige oder mehrere Tage hinter einander vor sich gehen könne. Dieß sey in unsern Gegenden immer der Fall bey kaum merklichen Nord- und Ostwinden und sehr heiterer Luft. Hieraus scheine zu folgen, daß durch die Ausdünstung und durch die Verwandlung des Dampfs in Luft die Atmosphäre vermehrt werde, wenn nämlich die Luft sich nicht schnell wieder fortbewege, und der ungehinderte Prozeß der Ausdünstung einen großen Distrikt umfaßt. Wenn daher die Masse des Dunstkreises vermehrt werde, so müsse auch eine größere Menge einen größern Druck auf das Quecksilber im Barometer äußern.

2. Der tiefste Stand des Barometers trete bey großen Stürmen ein, und wo die Zersetzungen in der Atmosphäre entweder über oder unter unserm Horizont häufig geschähen.

Aus diesen beyden Sätzen könne man schließen, daß die Zersetzung der Luft doch hauptsächlich zur Veränderung der atmosphärischen Druckkraft beytrage. Steige das Barometer beym Regen, so könne die Zersetzung der Luft in den obern Schichten schon geendigt seyn, ohnerachtet es noch aus den Wolken regne;

ne; dann wäre das Barometer ein Vorbote heiterer Witterung.

Dieser Hypothese gemäß läßt es sich aber nicht erklären, warum unter dem Aequator, wo doch die Ausdünstung außerordentlich stark ist, mithin die Vermehrung der Luft sehr groß seyn würde, die Barometerveränderung so gering ist.

Eine andere Hypothese über die Barometerveränderungen hat Herr Hube [1]) vorgetragen, welche sich auf seine Ausdünstungstheorie gründet. Er nimmt an, daß durch die mitgetheilte Elektricität die Luft, in welcher viele Wasserdünste der zweyten Art hängen, sehr ausgedehnt werde. Diese Ursache aber wirke zwischen den Wendekreisen gar nicht, weil die Luft daselbst gar keine oder nur außerordentlich wenig Dünste der zweyten Art enthalte. Im Gegentheil werde ihre Wirkung gegen die Pole zu nach und nach immer größer, weil die Erdfläche wegen der Kälte immer mehr auf die zweyte Art ausdunstet, je weiter man sich von den Wendekreisen entfernt. Ueber dem mittelländischen Meere bleibe das Barometer den Sommer über, nach Volney's Zeugniß, ganz unveränderlich, im Winter aber verändere es seine Höhe oft und beträchtlich. Dieses beweise, daß das Mittelmeer im Sommer nur auf die erste, im Winter aber oft auf die zweyte Art ausdunstet. Diese Ursache sey zur Erklärung der Barometerveränderungen vollkommen hinreichend. Denn die Luft könne bey 12 Grad Wärme nach Reaumur wahrscheinlich

1) Ueber die Ausdünstung und ihre Wirkungen in der Atmosphäre. Leipz. 1790. 8. Kap. 69. 70. Desselben vollständiger und faßlicher Unterricht in der Naturlehre in Briefen. B. II. 37ter Brief.

lich mehr Wasser, als den dritten Theil ihres Gewichts, auf die zweyte Art auflösen. Die Dünste erstreckten sich aber in der Atmosphäre auf eine ansehnliche Höhe, wo die Luft sehr kalt und auch trockener sey, als die unsrige zu seyn pflegt. Stelle man sich eine Luftschicht vor, welche viel niedriger als der Montblanc ist und nur eine Quecksilbersäule von 9 Zoll Höhe halten kann, und man nähme an, daß alle in der Atmosphäre zerstreueten Dünste bloß in dieser vereinigt seyen, so könne dieselbe gewiß zuweilen einen beträchtlichen Theil ihres Gewichts an Dünsten der zweyten Art enthalten. Nähme man anstatt des dritten Theils, wegen Kälte der Luft, nur den sechsten Theil ihres Gewichts an, so könne der mittlere Druck der Atmosphäre, welcher am Ufer des Meers etwa 28 Paris. Zoll beträgt, durch die Dünste etwa um $\frac{1}{18}$ verändert werden. Weil selbst ganz tief in Norden mitten im Sommer die Hitze oft sehr ansehnlich sey, so gebe es auch daselbst Zeiten, wo die Atmosphäre meistentheils nur mit Dünsten der ersten Art angefüllt sey, besonders über dem festen Lande. Stehe folglich alsdann das Barometer auf seiner mittleren Höhe, so könne es sich nach und nach etwa um $\frac{1}{18}$ darüber heben, wenn entweder die Feuchtigkeit in der Folge beständig auf die zweyte Art verdunste, oder wenn eine mit Dünsten der zweyten Art sehr angefüllte Luft durch Winde herbeygeführt werde. Setze sich aber eine solche Luft, in welcher sehr viel Dünste der zweyten Art sind, zuletzt mit der übrigen Atmosphäre der Erde ins Gleichgewicht, so stehe das Barometer auf seiner mittleren Höhe, und eine starke Elektrisirung der Luft könne dasselbe durch Mittheilung um $\frac{1}{18}$ erniedrigen, weil sie die Dünste der zweyten Art gleichsam in Dünste der ersten Art verwandele, und also

die Luft um $\frac{1}{18}$ leichter mache, ohne die Höhe der Atmosphäre merklich zu vermehren, weil die erhabene Luft gleichsam nach den Seiten abfließe. Also könne die verschiedene Beschaffenheit der Dünste der zweyten Art, nachdem die Luft durch Mittheilung elektrisirt sey oder nicht, die Höhe des Barometers überhaupt um $\frac{1}{9}$ ändern. Größer sey aber auch ihre Veränderung, vermöge der Erfahrung, selbst unter dem Polarkreise nicht, und diese rühre noch zum Theil von den Veränderungen der Wärme her.

Da die Elektrisirung der Atmosphäre und die Vertheilung der Dünste auf eine ungleichförmige Art geschieht, so werden bald hier bald da Luftmassen plötzlich ausgedehnt, und specifisch leichter. Diese erheben sich folglich, und es entstehen Winde oder Stürme auf eine ähnliche Art, wie durch die Wärme. Diese Winde fiengen allezeit in der obern Luft an, und das Barometer fange an zu fallen, sobald eine ansehnliche Menge Luft, welche vorher auf dasselbe drückte, von oben abgeflossen ist. Nach und nach dringe die elektrische Materie tiefer, das Barometer falle an dem Orte der Elektrisirung immer mehr und mehr, und der Sturm fange auch in der untern Luft an. Zuweilen bleibe auch unten die Luft fast ruhig, wenn sie von einer Gegend nach zwey verschiedenen Richtungen abfließt. Ein solcher Sturm gehe immer weiter als die Elektrisirung; er stoße seitwärts die nicht elektrisirte Luft auf eine ansehnliche Weite mit großer Gewalt fort, und verdichte sie; daher erhebe sich hier das Barometer. Zwischen einem solchen Orte der Verdichtung, und dem der Elektrisirung, wo das Barometer falle, müsse es also einen Ort geben, wo das Barometer weder steige noch falle.

Fließe

Fließe nachher die verdichtete Luft wieder zurück, so müsse das Barometer da fallen, wo es vorher gestiegen, und da steigen, wo es vorher gefallen wäre. Daher hebe sich bey uns oft, wenn die Luft über dem atlantischen Meere elektrisirt werde, das Barometer mit warmen Westwinden, und falle hernach mit kältern Ostwinden.

Ferner verliere die Luft die ihr mitgetheilte Elektricität so allmählig und unregelmäßig, als sie sie empfange. Einzelne Luftmassen zögen sich alsdann bald hier bald da zusammen, weil die in ihnen noch vorhandenen Dünste der zweyten Art ihre vorige Gestalt wieder annähmen; diese Massen würden eigenthümlich schwerer, senkten sich herab, und die Luft von der Seite trete an ihre Stelle. So entständen wieder, besonders in der obern Atmosphäre, Winde, die nach den Orten hingerichtet sind, wo diese durch den Verlust der Elektricität bewirkte Verwandlung der Dünste am stärksten sey. An diesen Orten häufe sich also die Luft zusammen, und das Barometer steige.

Ein starkes Fallen des Barometers setze mehrentheils eine mitgetheilte Elektricität voraus, und diese habe gewöhnlich Winde und Niederschlagungen der Dünste, folglich Wolken, Regen und üble Witterung zur Folge. In diesem Falle gehe die Ausdehnung der Luft allemal vor der Niederschlagung der Dünste vorher, und das Barometer falle deßhalb mehrentheils schon, ehe sich noch die geringste Veränderung der Witterung zeigt. Wenn es hernach wieder steige, und das geschehe oft selbst während des Regens, so könne man vermuthen, daß die Luft ihre mitgetheilte Elektricität verliere, also eine größere Ziehkraft erhalte,

 und

und in kurzem die Wolken auflöse, mit einem Worte, daß das Wetter werde gut werden.

Die Nord- und die Nord-Westwinde höben das Barometer fast allezeit, weil sie uns eine über den kältesten Meeren mit vielen Dünsten der zweyten Art angefüllte schwere Luft zuführten. Oft erwärme sich diese Luft bey uns, und dann hätten wir gewöhnlich gutes Wetter; oft aber sey sie sehr feucht, und erwärme sich bey uns so wenig, daß das Wetter schlecht werde.

Der Herr von Buch [n]) glaubte unter andern aus dem Umstande, daß beym Ausbruche des Vesuvs im Jahr 1794., da alle meteorologische Instrumente in der größten Unruhe waren, das Barometer aber ganz allein während der 10 Tage des stärksten Ausbruchs unverändert blieb, schließen zu dürfen, daß die Barometerveränderungen nicht von dem Zustande der Oberfläche unserer Erde abhangen, sondern daß ihre Ursache weiter zu suchen sey, und daß sie gleich den Jahrszeiten, den Tagszeiten, dem Mondlaufe u. s. f. kosmische Wirkungen seyen.

Ein beständiges Gesetz in den Veränderungen des Barometerstandes für unsere ganze nördliche Halbkugel scheine es zu seyn, daß der Luftdruck im Winter bey weitem veränderlicher als im Sommer sey, und daß der höchste und fast auch der niedrigste Barometerstand mitten im Winter, meist im Monat Januar, eintrete, wiewohl um die Herbstnachtgleiche meist noch niedrigere Barometerstände vorkämen. Diese Veränderungen im Barometerstande nähmen ab, so wie es wärmer werde, bis mitten im Sommer, so daß

n) *De la Metherie* journal de physique. T. V. p. 85. sqq.

daß zwischen 70 bis 80 Grad Breite die Winterveränderungen noch mehr als noch ein mal so groß, als die Sommerveränderungen des Barometerstandes zu seyn pflegten. Dieses beweise sehr deutlich die Unabhängigkeit des Barometerstandes von den Witterungsveränderungen in der untern Atmosphäre.

Eine zweyte beständige und nicht weniger merkwürdige Regel sey: daß die Barometerveränderungen abnähmen, je mehr man sich dem Aequator nähere. In der heißen Zone könnten nur die heftigsten Orkane den Barometerstand um einige Linien ändern, und im ganzen Jahre pflege der größte Unterschied nicht über 4 Linien zu betragen. Dagegen ändere sich der Barometerstand in Petersburg jährlich um 36, oder wenigstens um 30, und in Prag, Wien und Paris um 20 bis 24 Linien; eine Veränderung, welche in Absicht der Barometerhöhen in Italien nie statt finde.

Diese beyden Gesetze seyen zwar schon längst bekannt, allein man scheine sie nicht gehörig beachtet zu haben, sonst würde man schwerlich die Ursache der Veränderungen des Barometerstandes in den Verbindungen der Atmosphäre gesucht haben, und noch immer den täglichen Barometerstand mit Regen, Wind, Nässe, Nebel und heiterm Wetter in Parallele stellen, wobey man bis jetzt seine Zeit umsonst verloren habe. Man solle vielmehr aus dem Barometerstande und seiner Veränderung selbst Regeln zu abstrahiren suchen; sicher werde uns dieß eher aus dem Dunkel leiten. Als Beyspiel führt er 18jährige Beobachtungen von Mayer und Kraft in Petersburg an, und bemerkt, daß es wirklich zu verwundern sey, daß dieser Gang der Veränderungen am Barometer genau mit dem Gange der Temperatur, nach verkehrter Abhän-

hängigkeit, übereinstimme. Die Veränderung der Jahrszeiten sey in dieser Breite wenig bemerkbar, und sie folgten schnell auf einander. Der Winter allein halte mehrere Monate lang mit unveränderter Stärke an; während desselben sey die mittlere Temperatur der Monate fast dieselbe, und auch die Veränderungen im Barometerstande seyen nur wenig verschieden. Im April und May endige sich der Winter, die Newa breche auf, der Schnee schmelze, und die Temperatur steige sehr schnell; eben so schnell nähmen sodann die mittleren Barometerveränderungen ab. Im July sey die Temperatur am größten und die Barometerveränderungen am kleinsten. Der Herbst fehle, und der Winter folge unmittelbar auf den Sommer, indem die Temperatur von ihrer größten Höhe sehr schnell herabsinke. Dieß bezeuge auch die große Verschiedenheit der Barometerveränderungen zwischen dem August und September. Diese Veränderungen allein hätten uns schon belehren können, daß der Ort der Beobachtung nur 2 Monat Sommer, dagegen 9 Monat Winter habe, und daß die Uebergänge beyder Jahrszeiten in einander zwischen April und May, und zwischen August und Septemb. fallen. So genau seyen die Veränderungen im Barometerstande an einem Beobachtungsorte den mittleren Temperaturen verkehrt proportional. Und das sey das dritte allgemeine Gesetz in den Erscheinungen am Barometer. Zur anderweitigen Bestätigung desselben fügt der Herr von Buch noch 30jährige Beobachtungen in Prag bey.

Aus allen den bisherigen Bemühungen, die Barometerveränderungen auf eine genugthuende Weise zu erklären, sind also die Ursachen derselben bey weitem noch nicht entdeckt, und gehörig ins Licht gesetzt worden.

den. L. Cotte[n]) hat aus seinen 30jährigen meteorologischen Beobachtungen sowohl, als auch aus den Beobachtungen mehrerer Societäten in Europa verschiedene Resultate mitgetheilt, wovon unter andern folgende Sätze, welche auf die Veränderung des Barometers Bezug haben, zu bemerken sind:

1. Die großen Veränderungen des Barometers sind gewöhnlich bey hellem Wetter mit Nordwind, und die kleinen bey trübem, regenhaftem oder windigem Wetter mit Südwind oder einem angrenzenden begleitet.

2. Der Stand des Quecksilbers ändert sich mehr in den Winter-, als in den Sommermonaten, so daß sein größtes Steigen und sein tiefstes Fallen im Winter statt findet, aber sein mittleres Steigen ist größer im Sommer, als im Winter.

3. Die Veränderung des Barometerstandes ist beynahe Null am Aequator, und wird um desto größer, je weiter man sich von da gegen die Pole hin entfernt.

4. Sie beträgt mehr in den Thälern als auf den Gebirgen.

5. Je mehr die Winde veränderlich sind, um desto mehr ist es auch der Stand des Barometers.

6. Er ist niedriger um Mitternacht und Mittag, als zu andern Stunden des Tages; seine größte tägliche Höhe ist gegen Abend.

7. Zwischen 10 und 2 Uhr des Nachts und bey Tage ist das Steigen und Fallen des Quecksilbers gerin-

n) Journal de physique. T. I. an 2. p. 231. in Gren's neuem Journal der Physik. B. III. S. 415. u. f.

ringer; das Gegentheil findet zwischen 6 und 10 Uhr des Morgens und Abends statt.

8. Zwischen 2 und 6 Uhr des Morgens und Abends steigt es eben so oft, als es fällt, doch so, daß es öfter um diese Zeit in den Wintermonaten steigt, und öfter in den Sommermonaten fällt.

9. Die Oscillationen sind geringer im Sommer, größer im Winter, und sehr groß um die Nachtgleichen.

10. Sie sind auch größer bey Tage als bey Nacht.

11. Je höher die Sonne über dem Horizont steht, desto geringer sind die Oscillationen, sie nehmen zu, so wie sie sich dem westlichen Horizonte nähert, und sind sehr groß, wenn sie gegen den östlichen Horizont kommt.

12. Sie sind von den Veränderungen der Wärme bis auf einen gewissen Punkt unabhängig.

13. Das Quecksilber pflegt vom Neumond zum Vollmond zu steigen, und vom Vollmond zum Neumond zu fallen.

14. Es steigt mehr im Apogäum, als im Perigäum; es pflegt zu steigen vom nördlichen Lunistitium zum südlichen, und zu fallen vom südlichen Lunistitium zum nördlichen.

15. Im allgemeinen giebt die Vergleichung der Veränderung des Quecksilbers mit dem Mondspunkt nichts Beständiges; die Resultate von 13 und 14 sind die beständigsten.

16. In unsern Gegenden bleibt das Barometer binnen 24 Stunden nie ohne Veränderung.

17. Die Barometer westlicher Gegenden steigen oder fallen früher, als die mehr östlichen.

18.

18. Wenn die Sonne durch den Meridian geht, so pflegt das Quecksilber, wenn es im Fallen ist, fort zu fallen, und oft wird sein Fallen beschleunigt.

19. Wenn um eben diese Zeit das Quecksilber im Steigen ist, so fällt es, oder es bleibt stehen, oder es steigt auch langsamer.

20. Wenn endlich unter eben diesem Umstande das Quecksilber im Stillstande begriffen ist, so fällt es; wenigstens wenn es nicht vor oder nach dem Stillstehen im Steigen begriffen gewesen ist.

21. Die erwähnten Veränderungen finden gewöhnlich von 11 Uhr des Morgens bis 1 Uhr des Nachmittags statt; aber öfter Vormittags, als Nachmittags.

22. Vor den hohen Fluthen geht fast immer ein starkes Falles des Quecksilbers vorher, es trifft häufiger im Vollmonde, als im Neumonde ein.

Aus diesen Sätzen hat man geschlossen, daß man mit allem Rechte die Barometerveränderungen in regelmäßige oder tägliche, und in unregelmäßige eintheilen könne. Bey den regelmäßigen scheint der Stand der Sonne und des Mondes einen großen Einfluß zu haben. Schon hatte Steiglehner o) bemerkt, daß das stärkste Fallen des Quecksilbers im Barometer an westlichen Orten früher, an östlichen später eintrete, und daß der Unterschied der Zeit dem Unterschiede der Meridiane fast proportional sey. Selbst Planer zu Erfurt fand aus genauen Beobachtungen, die er ein ganzes Jahr ununterbrochen fortgesetzt hatte, daß gewöhnlich das Barometer zwischen

o) Atmosphaerae pressio varia observationibus baroscopicis propriis et alienis quaesita. Ingolst. 1783. 4.

schen 10 und 2 Uhr des Nachts im Steigen geringer, im Fallen größer sey, das Gegentheil aber zwischen 6 und 10 Uhr des Abends und Morgens statt finde. Auch Hemmer p) beobachtete zu Mittage und Mitternacht ein Fallen des Quecksilbers, oder doch wenigstens eine Neigung dazu. Dieser stellte vorzüglich mit allen im 5ten Bande der Mannheimer meteorologischen Beobachtungen eine Vergleichung an, und fand von 446 Durchgängen der Sonne durch den Meridian bey Tage oder Nacht, daß in 439 Fällen die Regel statt fand: daß das Quecksilber, welches im Fallen war, gegen Mittag und gegen Mitternacht stärker fiel, das im Steigen begriffene langsamer stieg, und das im Stillstand begriffene fiel. Er konnte die Ursache dieser Veränderung in nichts weiter finden, als im Stande der Sonne.

Ueber die täglichen Barometerveränderungen hat Herr Duc la Chapelle q) eigene Beobachtungen angestellt. Das Barometer, das hiezu gebraucht ward, zeichnete sich durch eine eigenthümliche Einrichtung des Fadenmikrometers zur Bestimmung der Höhe des Quecksilbers aus. An diesem waren nicht nur auf der vordern, sondern auch auf der hintern Seite der Barometerröhre Haare gezogen, welche mit einander correspondirten. Das Steigen und Fallen des Quecksilbers konnte er aus der Höhe der sphärischen Quecksilberfläche leicht wahrnehmen; stieg es, so betrug die Höhe derselben 2 Millimeter; war die Höhe derselben hingegen nur 1 Millimeter, so sank das Barome-

p) Histor. et comment. Acad. Theodoro-Palatinae. Vol. VI. phys. Mannh. 1790. 4. p. 50. sqq. übers. in Gren's Journal der Physik. B. II. S. 218. f.

q) Bulletin des sciences. An 7. N. 21. p. 162.

rometer. So fand er, daß um 7 Uhr des Morgens das Quecksilber täglich steige, um $2\frac{1}{2}$ Uhr des Nachmittags hingegen sinke, um $10\frac{1}{2}$ Uhr des Abends wieder steige, und, wie man aus einigen Beobachtungen schließen könne, nach Mitternacht wiederum sinke. Er glaubt, daß diese Veränderungen dem veränderten Wärme- und Feuchtigkeitszustande, der Anziehung der Sonne auf die Atmosphäre zugeschrieben werden müsse. Unter 230 Beobachtuugen waren nur 21 widersprechend, und 24 unbestimmt, und immer nur an Tagen von großen Witterungsveränderungen. Die Veränderungen am Abende waren regelmäßiger.

Verschiedene Naturforscher hatten schon behauptet, daß auch der Einfluß der Sonne und des Mondes Antheil an den Barometerveränderungen habe. Um nun die Größe der Ebbe und Fluth in der Atmosphäre zwischen der Zone von 1° nördlicher bis 1° südlicher Breite zu entdecken, hatte de Lamanon [r]) stündliche Barometerbeobachtungen angestellt. Er bediente sich hiezu auf dem festen Lande eines von Fortin zu Paris verfertigten Barometers, woran $\frac{1}{50}$ Linie Variation im Quecksilberstande bemerkbar war, und zur See eines Nairne'schen Schiffsbarometers, so wie es Cook in seiner Reise beschreibt, an welchem sich mit Hülfe eines Nonius der Barometerstand bis auf $\frac{1}{10}$ Linie bestimmen ließ.

De Lamanon beobachtete den Barometerstand während der Reise dreymal, beym Aufgange, bey der Culmination und beym Untergange der Sonne. Daben bemerkte er von 10° 2' nördlicher bis 1° 17' südlicher Breite einen regelmäßigen Gang in den Verände-

r) Voyage de la Peyrouse. Tom. IV. p. 253. 256. sqq.

änderungen der Quecksilbersäule. Immer war sie zu Mittage am größten, nahm dann bis an den Abend ab, und stieg wieder die Nacht über.

Am 28 Septemb. unter 1° 17′ nördl. Breite fieng er vor Tagesanbruch seine stündlichen Beobachtungen an, und setzte sie mit Beyhülfe Monges's bis zum 1. Octob. 6 Uhr Morgens ununterbrochen fort. Jedesmal wurde zugleich der Stand eines Thermometers, das im Freyen hieng, ferner des am Barometer befestigten Thermometers und eines Haarhygrometers beobachtet, und die Richtung, in welcher das Schiff seegelte, die Geschwindigkeit und die Richtung desselben bemerkt.

Die Resultate dieser Beobachtungen schienen ihm sehr interessant. Das Barometer stieg 6 Stunden lang und fiel wieder während 6 Stunden stets abwechselnd, wie folgende aus seinen Beobachtungen gezogene Tabelle zeigt:

den 28 Sept.	4 Uhr	Morg.	bis 10 U.	M.	stieg d. Barom.	um	1,9‴
	10 -	-	- 4 -	Ab.	fiel -	-	- 1,2
	4 -	Ab.	- 10 -	Ab.	stieg -	-	- 0,9
29 Sept.	10 -	Ab.	- 4 -	M.	fiel -	-	- 1,3
	4 -	M.	- 10 -	M.	stieg -	-	- 1,5
	10 -	M.	- 4 -	Ab.	fiel -	-	- 1,3
	4 -	Ab.	- 10 -	Ab.	stieg -	-	- 1
30 Sept.	10 -	Ab.	- 4 -	M.	fiel -	-	- 0,7
	4 -	M.	- 10 -	M.	stieg -	-	- 1,4
	10 -	M.	- 4 -	Ab.	fiel -	-	- 1,4
	4 -	Ab.	- 10 -	Ab.	stieg -	-	- 1
1 Octob.	10 -	Ab.	- 4 -	M.	fiel -	-	- 0,8

Hieraus zieht de Lamanon den Schluß, daß die atmosphärische Ebbe und Fluth unter dem Aequator das Barometer etwa 1,2 englische Linien im Mittel variiren mache. Dieß würde nach der Voraussetzung,

setzung, wenn die Atmosphäre allenthalben die Dichtigkeit an der Erde hätte, eine Erhöhung und eine Erniedrigung in der Atmosphäre von etwa 100 Fuß voraussetzen. Noch bemerkt er, daß diese Beobachtungen hinreichend beweisen, daß die Meteorologen dem Monde einen viel zu großen Einfluß auf die Erdatmosphäre zuzuschreiben pflegten, wie dieß auch la Place mathematisch bewiesen habe. Indessen würde es auch nicht minder Unrecht seyn, dem Monde gar keinen Einfluß auf den Dunstkreis einräumen zu wollen. Denn da er im Barometerstande Veränderungen von 1,3 Linien erzeuge, so müsse er gewiß auf die Atmosphäre einwirken, und merkbare Revolutionen in ihr hervorbringen können.

Luftpumpe und Elasticität der Luft.

In Deutschland waren zwar bisher die Luftpumpen mit Hähnen beständig im Gebrauche; allein da Smeaton seine Pumpe mit Ventilen so eingerichtet hatte, daß sie auch als Compressionsmaschine gebraucht werden konnte, so sind von dieser Zeit an auch diese Art von Pumpen in Deutschland üblich geworden. Die Smeaton'sche Luftpumpe hat nach der Zeit verschiedene Verbesserungen erhalten. Nach den von Nairne und Blunt angebrachten ist sie von Lichtenberg [s]) beschrieben. Statt der Blase ist zu den Ventilen ein angeschraubtes Stück Wachstaffent mit 4 Zipfeln angewendet worden. Der Kolben besteht aus zwey Stücken, deren unteres gerade durchbohrt, und mit dem Ventile bedeckt, das obere aber schief durchbohrt ist. Beyde sind durch zwischenliegendes

s) Erxleben Anfangsgründe der Naturlehre. Gött. 1794. Nach der Vorrede.

des Leder am Rande fest verbunden; in der Mitte aber lassen sie zwischen sich einen kleinen Raum, damit sich das Ventil heben könne.

Bey allen diesen angebrachten Verbesserungen behält diese Luftpumpe doch noch den Fehler, daß die Verdünnung der Luft nur bis auf eine gewisse Grenze statt finden kann, wenn nämlich die verdünnte Luft nicht Kraft genug mehr hat, das Ventil zu öffnen. Um aber auch diesen zu vermeiden, haben die Herren Hurter und Haas ein Pedal mit eigenen Vorrichtungen am Boden des Stiefels angebracht, womit das Bodenventil durch Treten geöffnet, und der auch noch so stark verdünnten Luft der freye Durchgang verstattet wird. Beschreibungen hievon geben Cavallo[t]) und Lichtenberg[u]). Die Einrichtung des Herrn Haas ist einfacher, als die des Herrn Hurter. Indessen bemerkt doch Lichtenberg, daß sie die gehoffte Wirkung nicht thue, wofern nicht durch die beyden noch übrigen Ventile der Luft ein eben so freyer Durchgang verschafft werde.

Da alle bisherige Bemühungen, die Luftpumpen, sowohl mit Hähnen als Ventilen, dem Zwecke vollkommen entsprechend zu verfertigen, fruchtlos waren, so gab in Holland Johann Cuthbertson[x]) eine eigene Vorrichtung an, bey der er alle Fehler vermieden zu haben glaubte. Das Wesentlichste derselben besteht in folgenden.

Ueber

t) Philos. Transact. Vol. LXXII. for 1783. P. II. p. 435. sqq.

u) Magazin für das Neueste aus d. Phys. und Naturg. B. III. St. 1. S. 97. f.

x) Beschreibung einer verbesserten Luftpumpe a. d. Engl. übers. in den Sammlungen zur Phys. und Naturgesch. B. IV. St. 1. u. 2. Leipz. 1788. 8. S. 83. f.

Ueber dem Cylinder (fig. 21.) ab befindet sich eine Lederbüchse c, durch welche die Stange des Stempels luftdicht hindurchgeht, und über selbiger noch ein Gefäß d mit Oel. Auch n ist eine Oelbüchse, welche das Oel aufnimmt, das mit der Luft beym Zurückzuge des Stempels durch den Kanal qq getrieben wird. Ist diese Büchse voll Oel, so geht es in das Gefäß d durch den Kanal m über; op ist ein Drath, welcher dient, den Kanal qq als Stöpsel luftdicht zu verschließen. Die durch den Kanal qq getriebene Luft stößt ihn in die Höhe, worauf er alsdann durch sein eigenes Gewicht wieder herabfällt, und die Oeffnung des Kanals verschließt. Ein Paar Stückchen Metall erhalten ihn in der gehörigen Richtung. Diese Vorrichtung vertritt die Stelle des sonst gewöhnlichen Ventils im Deckel des Cylinders.

Im Boden des Stiefels ist in der Mitte ein Loch durchgebohrt, um Gemeinschaft des Stiefels mit dem innern Raum der Glocke durch den Kanal r zu erhalten. Diese Communikation wird durch folgende Einrichtung unterbrochen. Die Stange ee des Stempels ist hohl, und enthält die dünnere Stange fg, an deren unterm Ende ein langer Stift kl ist, welcher bey l einen Querstift besitzt, der breiter als die engste Oeffnung des im Boden eingebohrten Lochs ist. Diese Stange fg geht durch eine Lederhülse im mittleren Theile des Stempels, und läßt sich darin luftdicht hin und her schieben. Wird nun der Kolben in die Höhe gezogen, so verstattet der Querstift unten bey l, die Stange fg nur bis zu einer gewissen Höhe mitzunehmen; alsdann hat der Cylinder mit der Glocke durch die Röhre r Gemeinschaft, mithin kann

die Luft unter der Glocke in den Cylinder treten. Wird hiernächst der Stempel wieder niedergedruckt, so nimmt die in den Cylinder getretene Luft einen Ausweg durch den Stempel, dessen Einrichtung gleich beschrieben werden soll; zugleich wird bey diesem Zurückzuge des Kolbens die Stange g f niedergestoßen, so daß ihr Ende bey k die Oeffnung im Boden verschließt, und daher die Communikation des Cylinders mit der Glocke aufhebt.

Der Stempel besteht aus zwey Stücken, einem äußern und einem mittleren. Das mittlere, an welchem die Zugstange sitzt, ist konisch, und hat an der untern breitern Fläche einen hervorragenden Rand. Das äußere Stück ist genau nach der Form des mittleren und seines Randes ausgehöhlt. Wird nun der Stempel aufgezogen, so schließt das mittlere Stück genau in die Höhlung des äußern, und es kann daher keine Luft von oben hinein in den Cylinder dringen; wird er aber niedergestoßen, so begiebt sich das mittlere Stück aus dem äußern heraus, so weit es der etwas hervorragende Rand h h erlaubt, und nun ist der Luft im Cylinder der freye Durchgang durch den Kolben verstattet.

Diese Einrichtung, so sinnreich sie auch ist, läßt doch immer noch bey jedem Kolbenzuge etwas Luft zurück, indem der Kolben oben nicht genau anpaßt, und die daselbst befindliche Luft den Drath o p in die Höhe stoßen muß. Es wird daher die Verdünnung der Luft auch hier nur bis zu einer gewissen Grenze gehen können, wenn nämlich die über dem Kolben zurückgebliebene Luft nicht mehr vermögend ist, den Drath p o aufzustoßen. Ueberdem erfordert diese Luftpumpe, besonders was die Einrichtung des Stem-

Stempels betrifft, eine solche genaue Bearbeitung, die von den ausübenden Mechanikern nicht allemal erwartet werden kann. Ueberhaupt bleibt es, so wie bey allen Maschinen, also auch hier, ein Grundsatz der ausübenden Mechanik, daß diejenige Einrichtung, welche einfach, mithin aus so wenigen Theilen als möglich zusammengesetzt ist, die vollkommenste und dauerhafteste ist.

Herr Schrader [y]) in Kiel hat durch Anwendung der gewöhnlichen Büchsenventile, wobey alles durch äußere Kräfte bewegt wird, den bekannten Fehlern an der Luftpumpe abzuhelfen gesucht. Die Verbesserung brachte er an einer Smeatonschen Luftpumpe an, welche er so eingerichtet hatte, daß sie bloß sowohl beym Auf- als beym Niederwinden des Stempels zur Verdünnung diente, die Veranstaltung zum Comprimiren aber gänzlich wegfiel.

Der Stiefel ist 22 Zoll lang und hat 3 Zoll im Durchmesser. Der Stempel (fig. 22.) c ist nicht durchbohrt. Auf der Breite der gezahnten Kolbenstange sind Stifte immer 3 Zoll weit von einander aufgesetzt, welche in der Figur mit Punkten bezeichnet sind. Diese Stifte dienen, den 12 Zoll langen Hebel g gleichsam stoßweise niederzudrucken. Zu dieser Absicht ist er um seinen Ruhepunkt h beweglich, den er an einer von den Säulen hat, die den Teller tragen. Von diesem Hebel g geht eine Schnur über zwey Rollen herab, wie es die Figur zeigt. Nicht weit

y) Beschreibung einer neuen und vollkommenern Einrichtung der Luftpumpe. Flensburg und Leipz. 1791. 8. im Auszuge in Grens Journ. d. Phys. B. III. S. 357. f.

weit vom untern Boden des Cylinders befindet sich seitwärts ein metallenes Kegelventil; die Spitze des Kegels ist gegen den Cylinder gekehrt, und auf der Basis desselben ist ein Drath eingeschraubt, an dessen Ende der von dem Hebel g über die beyden Rollen herabgehende Faden befestigt ist. Uebrigens wird der Kegel von einer in der 4 Zoll langen und 1 Zoll breiten Röhre p befindlichen Spiralfeder, welche sich gegen den angeschraubten Deckel stemmt, in die Oeffnung des Ventils gepreßt. Wenn folglich beym Niederwinden des Stempels der Hebel g niedergedruckt wird, so öffnet sich dadurch das Ventil, durch welches die Luft aus dem Cylinder in das Freye geht.

Die obere Oeffnung des Cylinders ist verschlossen, und die Kolbenstange geht bey d in ledernen Scheiben. Auf dem Deckel ist ein Ventil f angebracht, welches dem bey p vollkommen gleich ist. Von dem Drathe dieses Kegels geht eine Schnur bis an das vordere Ende eines Hebels i hinauf, der seinen Ruhepunkt dicht unter dem Kasten, in welchem das Getriebe zur Bewegung der gezahnten Stange befindlich ist, in x hat, und an seinem äußersten Ende von Stiften ergriffen wird, welche auf der Hinterseite der Stange aufgesetzt sind. Wenn folglich der Stempel in die Höhe gezogen wird, und die Stifte der Stange den Hebel i ergreifen, so hebt sich dieser und mit ihm zugleich der Kegel des Ventils; daher die Luft in dem Cylinder über dem Kolben einen freyen Ausweg findet. Damit aber dieser Hebel beym Niederwinden des Stempels nicht wieder ergriffen werde, hat er in der Mitte bey i ein Gelenke, so daß bloß der vordere Theil des Hebels niedergedruckt, und eine unten befindliche Feder ihn wieder in seine vorige

Lage

lage versetzt, der hintere Theil hingegen auf einer Unterlage horizontal erhalten wird.

An der andern Seite des Cylinders ist ein drittes Ventil angebracht, so daß die Oeffnung desselben von der innern Deckelwand des Cylinders genau so weit entfernt ist, als die Höhe des Kolbens ausmacht. Bey diesem Ventile ist die Grundfläche des Kegels gegen den Cylinder gerichtet, und die kleine Röhre k inwendig genau ausgebohrt und geschliffen, damit ein kleiner Stempel darin vollkommen anschließe. Das Stück Messing, in welches der Kegel paßt, ist aufwärts vertikal durchbohrt, so daß beym aufgestoßenen Kegel eine Verbindung des Cylinders mit diesem durchbohrten Kanal statt findet. Auf dieses Stück läßt sich eine Röhre aufschrauben, die mithin eine Gemeinschaft mit dem Cylinder haben kann. In die Spitze des Kegels ist eine kleine metallene Stange eingeschraubt, an welcher der kleine Kolben befestigt ist, der in der Röhre k genau anschließt, und vermittelst des Knopfes l hin und her bewegt werden kann. An diesen kleinen Kolben stemmt sich auch die in der Röhre k befindliche Spiralfeder, wenn sie das Ventil aufstößt, welches sonst von jener im ruhigen Stande angezogen wird. Am Ende dieser Röhre k befinden sich noch ein Paar lederne Scheiben, durch welche die kleine metallene Stange hindurch geht, und welche vorzüglich dazu dienen, daß die äußere Luft auf den kleinen Kolben nicht drücken und den Kegel wieder aufstoßen könne. Uebrigens müssen bey allen Ventilen die Grundflächen der Kegel mit der inwendigen Seite des Cylinders genau zusammenfallen, so daß sie einerley Fläche mit derselben bilden, und keine Erhöhung oder Vertiefung entstehe.

Wenn der Stempel aufgewunden wird, und vollkommen an den Deckel des Cylinders anschließt, so wird sogleich eine Gemeinschaft mit dem innern Raum der Glocke und des Cylinders entstehen, sobald der Knopf l des obern Seitenventils hineinwärts gedruckt wird; mithin kann nun die Luft aus der Glocke in den Cylinder treten. Diese Gemeinschaft wird aber nach Aufhebung des Drucks an dem Knopfe l aufgehoben. Beym Herabwinden des Stempels ergreifen alsdann die Stifte an der Zahnstange den Hebel g, wodurch das Ventil bey p stoßweise geöffnet wird, so daß die unter dem Kolben befindliche Luft einen Ausweg findet. Während dieses Herabwindens ist über dem Kolben im Cylinder ein leerer Raum entstanden; öffnet man also wiederum das Seitenventil bey k, so geht von neuem Luft aus der Glocke in den Cylinder über. Wenn hiernächst das Aufwinden des Stempels zum zweytenmale erfolgt, so ergreifen die Stifte an der Hinterseite der Zahnstange den Hebel i, wodurch das Ventil oben bey f sich öffnet, und der über dem Kolben befindlichen Luft einen Ausweg verschafft.

Herr Schrader versichert, daß diese Luftpumpe der gehofften Wirkung ein völliges Genüge geleistet habe.

Herr Wrede [z]) hat eine andere Einrichtung der Luftpumpe angegeben, bey welcher statt des sonst gewöhnlichen Hahns und Ventils eine so genannte Rohrwalze gebraucht wird. Diese besteht in einer metal-

z) Berlinisches Journal für Aufklärung B. VII. St. 1. April 1790. im Auszuge im Gothaischen Magazin. B. VII. St. 1. S. 117. f.

metallenen Scheibe, welche in ihrem Innern zwey ovale Gruben hat, die mittelst eines halbcirkelförmigen Kanals mit einander verbunden sind. Dieser Kanal ertheilt, je nachdem er so oder anders gelegt wird, bald Gemeinschaft, bald Hemmung derselben zwischen Glocke und Stiefel. In eben dieser Rohrwalze befindet sich außer den Gruben noch ein ganz hindurchgehendes Loch, welches um 45° von der einen Grube entfernt ist, und dazu dient, daß der inwendige Raum des Stiefels mit der freyen Luft Gemeinschaft haben kann. Der Stiefel selbst steht vertikal unter der Mitte des Tellers, und in der Röhre, welche zwischen ihm und dem Teller sich befindet, liegt die Rohrwalze. Ihr Spiel wird mittelst eines mehrmals gebrochenen Hebels bewirkt, dessen eines Ende an ein Steigrad angebracht ist, das zu gleicher Zeit herumgedreht wird, wenn die Kurbel die Kolbenstange aus dem Stiefel zieht, und solche wieder hineintreibt. Der zunächst am Kolben befindliche Theil der Kolbenstange ist bis auf eine gewisse Länge, die der des Stiefels gleich ist, bloß prismatisch; alsdann aber ist ein Rahmen in Gestalt eines Rechtecks an ihr befestigt, von welchem die langen Seiten an ihren innern Theilen, wie bey einer Fuhrmannswinde, gezahnt sind. Durch diesen Rahmen geht die Axe der Kurbel, an welcher ein Schlüsselrad, oder ein Kreisbogen von 145° befestigt ist, auf dessen Stirne Zähne stehen, welche zwischen die Zähne des Rahmens eingreifen, und bey ihrer Bewegung den Kolben auf- und niederziehen. An dem der Kurbel entgegengesetzten Ende befindet sich das oberwähnte Steigrad, die Kolbenstange tritt an der Seite, die in das Innere des Stiefels geht, etwas aus dem Kolben hervor, und bewirkt dadurch, daß der Raum

in der Leitröhre zwischen der Oeffnung der Rohrwalze und dem Stiefel zu der Zeit völlig angefüllt wird, da der Kolben in den Stiefel zurückgetrieben ist. Durch diese Einrichtung wird aller Raum vermieden, in welchem die Luft sich aufhalten könnte, die bey Ausziehung des Kolbens wieder in die Glocke zurücktreten würde. Um mit dieser Luftpumpe die Luft sowohl zu verdünnen, als zu verdichten, ist weiter nichts nöthig, als die Kurbel bald nach dieser, bald nach jener Richtung zu drehen. Auch kann man durch ein solches bloß umgekehrtes Drehen, ohne einen Hahn zu gebrauchen, sogleich wieder Luft unter die Glocke lassen.

Herr S. J. W. Reiser[a]) zu Mühlhausen hat nach seinem Berichte die Luftpumpe des Herrn Cuthbertson zu verbessern und einfacher einzurichten gesucht. Allein im Ganzen ist von der Cuthbertson'schen Anordnung wenig beybehalten worden. Die Reisersche Luftpumpe ist eine doppelte, bey welcher es vorzüglich auf den Mechanismus ankommt, das Bodenventil zu öffnen. An dieser Luftpumpe sind sowohl die metallenen Stangen, welche in die Oeffnungen einfallen, als auch der Kegel im Kolben, ganz weggelassen, und statt derselben im Boden und im Kolben Kegelventile angebracht. Das konische messingene Ventil (fig. 23.) a b im Kolben besitzt ein Stielchen von 1$\frac{1}{2}$ Zoll Länge, welches das Ventil auf die Seite zu fallen verhindert, indem es selbst in der Höhlung steht, die nur so weit ist, daß es sich frey auf-

a) Nachricht von einigen Vorrichtungen bey physikalischen Experimenten, besonders von einer bessern Luftpumpe, als die bisherigen. Basel 1790. 8. im Auszuge im Gothaischen Magazin. B. VII. St. 2. S. 49. f.

auf- und unterwärts bewegen kann. Die Stempel der beyden Stiefel passen übrigens äußerst genau auf den Boden, und lassen keinen Raum, wie bey der Cuthbertsonschen (außer einem kleinen Raume, welchen die $\frac{1}{4}$ Linie überstehenden Leder an der untern Platte des Stiefels verursachen, welcher aber kaum $\frac{1}{2}$ Linie dick ist). Auch kann keine Luft, wenn sie einmal über dem Stempel ist, wieder nach dem Boden kommen, was bey der Cuthbertsonschen unvermeidlich ist. Die Cylinder sind oben nicht geschlossen, und die Stempel tragen daher beym Aufwinden das ganze Gewicht der Atmosphäre. Herr Reiser aber glaubt, daß dieß der Cuthbertson'schen Luftpumpe keinen Vorzug gebe, weil der Druck der Luft kaum so viel betragen könne, als das Reiben der Lederbüchsen an den Stangen. Außerdem werde dadurch das Hinabstoßen der Kolben erleichtert, und ein Stempel ersetze dem andern diesen Aufwand an Kraft.

Damit das Bodenventil dc auch bey dem äußerst verdünnten Grade der Luft sich noch heben müsse, ist unter jedem Stiefel eine messingene Büchse tmou mit Schrauben befestigt. In der Büchse ist ein kleiner gabelförmiger Hebel tu angebracht, welcher in das Stempelchen des Ventils bey u eingreift. An diesem Hebel ist ein Wellbaum, der durch die mit Leder ausgekleidete messingene kleine Büchse te geht. Bey e ist wieder ein Hebel ef und fi an den Wellbaum eingesteckt. Hier ist ein anderer Hebel iQ, welcher in seinem Ruhepunkte S durch einen Stift an das Bret der Maschine befestigt ist. Von dem Ende Q geht durch den hölzernen Pfeiler der Maschine ein metallenes Stempelchen, welches

unten bey Q mit i Q durch ein Gewebe verbunden ist. Oben greift dieses Stempelchen wieder in einen Hebel, der auch in der Mitte einen Stift hat, und von zwey Stahlfedern auf- und niedergedruckt wird; das andere Ende dieses Hebels paßt in eine in die gezahnte Stange gefeilte Vertiefung.

Wird nun der Stempel durch Hülfe der gezahnten Stange in die Höhe gewunden, so muß das Ende dieses Hebels aus der Vertiefung der gezahnten Stange heraus; die Stange glitscht an ihm hinauf, druckt also das andere Ende des Hebels, und hiermit zugleich das durch den Pfeiler hinuntergehende Stempelchen niederwärts; dieses wirkt vermittelst des Hebels Qi durch die Lederbüchse te auf den daselbst befindlichen gabelförmigen Hebel du, und hebt das Ventil c in die Höhe. In dem andern Stiefel geschieht gerade das Gegentheil, und so öffnen und schließen sich die Ventile mit Gewalt wechselsweise. Damit die Leder in der Büchse te feucht bleiben, hat Herr Reiser oben an dem Theile, welcher an der großen Büchse außerhalb vorsteht, ein kleines Loch bohren lassen, durch welches man zuweilen einen Tropfen Oel hineinfallen läßt.

Alle bisher beschriebene Abänderungen der Luftpumpe von der ersten Erfindung sind zwar sehr sinnreich, aber auch sehr zusammengesetzt und deßwegen kostbar, und öfters Reparaturen unterworfen. Unstreitig bleiben die Luftpumpen mit Hähnen die einfachsten und dauerhaftesten Werkzeuge dieser Art; alles kömmt dabey nur darauf an, den so genannten schädlichen Raum entweder ganz zu vermeiden, oder ihn doch wenigstens so gering als möglich zu lassen. Vorschläge für das erstere hat bereits Lich-

ten-

tenberg [b]) gethan, den Hähnen aber eine andere Stelle, als sonst, angewiesen. In dem starken Deckel (fig. 24.) a a des Stiefels b werden die beyden konischen Zapfen c und l genau eingeschliffen, so daß sie die Oeffnungen im Stiefel und die Röhre R und n völlig verschließen. Die Hälse dieser Zapfen sind mit Schraubengängen versehen, welche in Schraubenmuttern passen, die am Deckel des Cylinders befindlich sind. Werden nun diese Zapfen durch Hülfe der Schlüssel g und h gedreht, so schrauben sie sich ein wenig in die Höhe, wodurch die Verbindungen zwischen dem Stiefel und den Röhren R und n geöffnet werden, deren erste unter die Glocke, die letztere in die freye Luft geht. Wird hiernächst der Stempel aufgezogen, und zuerst der Hahn c geöffnet, so tritt die Luft aus der Glocke in den Stiefel. Darauf verschließt man den Hahn c, und öffnet den andern l, wodurch beym Einstoßen des Stempels die Luft aus dem Cylinder durch den Kanal n in die freye Luft geht. Wenn der Stempel an den Boden des Stiefels genau anschließt, und die Hähne c und l in der innern Fläche des Deckels keine Vertiefungen oder Erhöhungen machen, so ist dadurch der schädliche Raum gänzlich vermieden. Der größere Hahn c steht zu besserer Abhaltung der äußern Luft in der Lederbüchse e, welche bey dem Hahne l nicht nöthig ist. Man sieht übrigens leicht, daß auch diese Einrichtung zur Verdichtung der Luft dient, wenn mit der Stellung der Hähne auf die entgegengesetzte Art abgewechselt wird.

Eine

b) Gothaisches Magazin für das Neueste aus der Phys. u. Naturg. B. III. St. 3. S. 107. f.

Eine andere sehr einfache Einrichtung einer Luftpumpe mit Hähnen hat der Herr van Marum [c]) angeführt, durch welche man sehr schnell einen merklich großen Raum luftleer machen, und dieselbe auch zum Comprimiren gebrauchen kann. Der Cylinder dieser Maschine ist 25 Zoll hoch und $3\frac{1}{2}$ Zoll weit, und steht vertikal. Der Stempel wird an der gezahnten Stange durch ein Getriebe mittelst eines Kreuzhaspels auf- und niedergewunden. Die vertikale Stellung des Cylinders hat dem Herrn van Marum den Vortheil verschafft, den Hahn, welcher sonst gewöhnlich mit der Hand gedreht werden muß, mittelst des Fußes durch eine eigene Vorrichtung zu drehen. Ueber dem vordern Theile des Hahns (fig. 25.) wird eine Stange ab von 6 Zoll Länge angebracht und auf selbige ein dreyarmiges metallenes Stück befestigt, dessen Figur aus der fig. 26. deutlich erhellt. Wenn (fig. 25.) ab vertikal steht, so macht alsdann der Hahn mit dem innern Raume der Glocke eine Verbindung, und der Stempel kann nun in die Höhe gewunden werden. Hierauf wird der Hahn auf folgende Art verschlossen: man stemmt den Fuß gegen den Arm c, und dreht hiemit den Hahn gegen die Rechte zu. Der Arm d (fig. 26.) berührt den Boden der Maschine, wenn der Hahn um den vierten Theil seines Umkreises gedreht worden ist, in welchem Falle alsdann der Hahn mit der äußern Luft in Verbindung steht, und folglich durch Einwinden des Stempels die aus der Glocke ausgepumpte Luft fortgeschafft werden kann. Sobald nun der Stempel den Boden der Pumpe erreicht hat, dreht man

c) Description des quelques appareils chemiques nouveaux ou perfectionnés de la fondation Teylerienne et des expériences faites avec ces appareils. à Haarlem 1798. 4.

man den Hahn mittelst des Fußes wieder in die vorige vertikale Stellung. Damit aber der Hahn nicht weiter, als bis zur vertikalen Stellung gehen könne, ist oben an der Stange (fig. 25.) ab und an der Grundfläche der Maschine eine metallene Kette befestigt. Diese beschriebene Bewegung des Hahns mit dem Fuße ist so leicht auszuüben, daß derjenige, welcher die Pumpe dreht, in sehr kurzer Zeit eine solche Geschwindigkeit darin erlangen kann, daß der Experimentator gar keine Aufmerksamkeit mehr darauf zu richten hat.

Eine andere Verbesserung, welche Herr van Marum an den gewöhnlichen Luftpumpen gemacht hat, besteht darin, daß der Stempel an den Boden der Luftpumpe genau anschließt, welches verursacht, daß in der Luftpumpe so wenig Luft als möglich zurück bleibt. Der Boden der Luftpumpe, so wie die Grundfläche des Stempels, sind zu dieser Absicht vollkommen eben. An das unterste Ende des Cylinders ist nicht, wie gewöhnlich, der Boden angelöthet, sondern er schließt vermittelst eines daselbst herumlaufenden Randes (fig. 27.) aa an den Boden vollkommen genau an, woran er durch 6 Schrauben hinlänglich befestigt ist. Der Boden selbst ist eine Kupferplatte. Damit aber gar keine Luft zwischen dem Boden und dem untern Ende des Cylinders eindringen könne, wird rund herum etwas weiches Wachs umgelegt.

In der fig. 28. ist diese Luftpumpe zur Seite vorgestellt, wo AA der Teller auf der Säule B, und CD die Communikationsröhre mit dem Teller und dem innern Raume des Cylinders ist. Die punktirten Linien der Theile unter der Pumpe und unter dem Teller zeigen deutlich, wie sie durchbohrt seyn müs-

müssen. Der kupferne Ring e, an welchen die Röhre C gelöthet ist, wird mittelst einer Mutterschraube f befestigt; zwey Ringe von Ochsenleder über und unter diesem Ringe verhindern das Eindringen der äußern Luft. Die Röhre CD ist durch den Ring h auf ähnliche Art an das Stück Kupfer ii befestigt, auf welches der Teller gelöthet ist. Dieser Ring besitzt in der Mitte seiner Unterfläche eine Grube, wie solches die fig. 29. zeigt, und der Nagel k, welcher durch diesen Ring geht, ist durchbohrt, so wie solches die punktirten Linien zeigen, um dadurch Gemeinschaft mit der Glocke und dem Cylinder mittelst der Röhre CD zu haben, und auch diese abzuschneiden. Die Communikationsröhre CD ist aus zwey Stücken C und D zusammengesetzt, welche auf gleiche Art durch einen Ring, wie h, welcher an die Röhre C gelöthet ist, vereinigt sind.

Der Hahn ist dem Boden der Luftpumpe sehr nahe, damit der schädliche Raum so gering als möglich ausfalle. Dieser kleine Raum (fig. 27.) l besitzt eine Länge von $\frac{3}{4}$ Zoll; und ist im Diameter $\frac{1}{12}$ Zoll. Um die Luft wieder unter die Glocke, oder von da in die freye Luft zu lassen, wird der Hahn so gestellt, wie es die fig. 30. vorstellt.

Der Boden der Luftpumpe (fig. 27.) bb, welcher eine ebene kupferne Platte ist, ruht auf 4 kleinen kupfernen Pfeilern von $3\frac{1}{4}$ Zoll Länge, welche in einen andern kupfernen Ring eingelassen sind, der auf dem Grunde der ganzen Maschine hinlänglich befestigt ist. Das Getriebe, woran der Stempel auf- und niedergewunden wird, befindet sich über dem Cylinder in einem hölzernen Gehäuse dd, auf welchem zu beyden Seiten gerade über den Säulen ff kupferne

ne Vasen stehen. Diese Vasen werden an starke eiserne Stäbe, welche durch die Säulen ff hindurchgehen, fest angeschraubt, so wie auch die eisernen Stäbe durch Schrauben im Fußboden bey gg befestigt sind. Die metallene Platte hh des Stempels ist an die gezahnte Stange desselben befestigt, und besitzt das cylindrische Stück i mit einer Mutterschraube, an welches das kupferne Stück ll vermittelst der Schraube k fest angeschraubt werden kann. Zwischen hh und ll liegen lederne Scheiben über einander, welche eben vermittelst der Schraube k sehr fest zusammengeschraubt werden können.

An dem kupfernen Stück (fig. 28.) ii unter dem Teller befindet sich der Hahn m in einem ausgebohrten metallenen Stücke, worin die gläserne Röhre nn eingeschraubt werden kann. Diese gläserne Röhre dient zur Barometerprobe, und deßwegen ist das untere offene Ende in ein Gefäß mit Quecksilber gestellt. Zur Seite dieser Röhre ist ein kleines Lineal von Holz, welches in Zolle eingetheilt ist, und auf dem Quecksilber schwimmt.

Wie stark die Wirkung dieser Luftpumpe in Ansehung der Verdünnung der Luft ist, beweißt folgender von Herrn van Marum angestellter Versuch. Er nahm eine Kugel, welche 906 Cubikzoll Raum faßte; in dieser hatte er die Luft mehrere mal so verdünnt, daß die zurückgebliebene Luft nur noch eine Quecksilbersäule von $\frac{1}{2}$ Linie Höhe zu tragen im Stande war.

Zur Verdichtung der Luft hat Herr van Marum folgende Einrichtung angegeben. Der Cylinder A (fig. 31.) von Glas hat eine Höhe von 13 Zoll und ist im Durchmesser 5 Zoll; die Dicke dieses Gla-

Glases beträgt etwas mehr als $\frac{1}{2}$ Zoll. Dieser Cylinder, dessen beyde Ränder etwas hervorspringend sind, steht auf einer vollkommenen ebenen kupfernen Platte B von $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke, worin das metallene Stück C mit einem Hahn eingeschraubt ist. Dieses Stück dient, den Cylinder auf den Teller der Luftpumpe zu schrauben. Der gläserne Cylinder ist oben mit einem konischen metallenen Deckel D genau verschlossen. Diese Vorrichtung steht in einem Gehäuse, welches aus drey oben mit einander verbundenen, und unten rechtwinklicht umgebogenen eisernen Stangen besteht. Die Schraube H dient vorzüglich, die Platte B an der untern Oeffnung des Cylinders, und die metallene Haube D an der obern Oeffnung genau und stark anzudrucken, besonders wenn vorher die Ränder des Cylinders mit ein wenig weichem Wachse bestrichen worden sind. Weil hierdurch die Platte B in dreyen Punkten, welche von einander gleich weit abstehen, fest gehalten wird, so ist man versichert, daß dadurch die Haube D und die Platte B an den Rändern des gläsernen Cylinders sehr stark und allenthalben gleichförmig anschließen; man hat also deßwegen keine Gefahr zu befürchten, daß etwa der Cylinder beym starken Anpressen zerspringe.

Bey verschiedenen Versuchen der neuern Chemie ist es nöthig, einen gewissen Theil atmosphärischer Luft, welche in Gefäßen eingeschlossen ist, in andere verschlossene Gefäße zu leiten, um zu untersuchen, welche Mischung dieselbe mit einer andern Luftart eingeht. Um nun seine Luftpumpe zu diesem Zwecke einzurichten, hat Herr van Marum folgende Vorrichtung angebracht. Es wird nämlich an das äusserste Ende des Hahns das metallene Stück (fig. 32.) ange-

angeschraubt, so daß der konische Theil a in einen eben solchen konischen ausgehöhlten Theil des Hahns genau paßt, von welchem er mittelst der Mutterschraube cc fest gehalten wird. Der andere Theil b dieses Stücks, welches der Länge nach ganz durchbohrt ist, wie solches die punktirten Linien vorstellen, hat eine gewöhnliche Bedeckung von Leder d, das die Oeffnung verschließt, worüber man das metallene Stück fg schraubt, so daß es an dem hervorspringenden Rande ee stark angepreßt wird. Ein wenig erweichtes Wachs über den Rand ee geklebt verhindert alsdann das Eindringen und Herausgehen der Luft gänzlich. Das Stück fg hat in dem Theile g eine konische Aushöhlung, in welcher man die Oeffnung einer biegsamen Röhre, die daselbst ebenfalls konisch seyn muß, anbringen kann. Die andere Oeffnung dieser Röhre, welche auch konisch ausläuft, wird in das metallene Stück (fig. 33.) eingepaßt, das man an den Rand einer pnevmatischen Wanne durch Hülfe der Schraube a befestigt. In dem Theile b dieses Stücks wird eine krumme gläserne Röhre eingekittet, durch welche die Luft aus einem Gefäße auf dem Gesimse der pnevmatischen Wanne geleitet wird.

Eine neue Einrichtung einer Luftpumpe hat James Little [d]) angegeben, welche in folgenden besteht. Sie hat nur Einen Cylinder, in welchem ein ganz dichter Kolben vermöge der bekannten Lederbüchse luftdicht bewegt wird. Da der Kolben kein Ventil

d) Voigt's Magazin B. I. St. 4. S. 158. aus den Transact. of the Roy. Irish Academy. Dubl. Vol. VI. p. 319. sqq.

til enthält, und die beyden Deckplatten des Cylinders eben so wenig, so kann das durch Zurückziehen entstandene Vacuum sich hier dem Torricellischen am ersten nähern. Der Raum des Cylinders wird vom Glockenraume durch einen Wechselhahn abgeschnitten. Für das Ausschleifen derselben ist durch Verzinnen gesorgt, auch verhütet eine Mischung aus 2 Theilen gemeines Harz, 2 Theilen Oel und 3 Theilen Unschlitt, daß er das Futter berührt, worin er bewegt wird. Statt der sonst gewöhnlichen Schraube wird er mittelst einer starken Feder in dem Futter erhalten. Damit der gewöhnliche schädliche Raum so klein als möglich werde, hat Little der Oeffnung für den Hahn und dem innern Raum im Cylinder nur $\frac{1}{8}$ Zoll gegeben. Uebrigens ist noch die Einrichtung getroffen worden, daß die Luft in den beyden kurzen Röhren am Hahne nicht mit der Atmosphäre, sondern mit der Luft unter der Glocke gleiche Dichtigkeit habe. Auf solche Art wird die Luft aus dem Cylinder nicht gleich ins Freye, sondern durch eine krumme Röhre wieder in den Cylinder hinter dem Kolben getrieben. Diese Röhre ist 21 Zoll lang und $\frac{1}{10}$ Zoll weit, und verbindet ohne Ventile den Raum vor und hinter dem Kolben vermöge der durchbohrten Deckplatten des Cylinders. Die Deckplatte, durch welche die Kolbenstange vermöge der Lederbüchse geht, muß dann auch noch ein zweytes mal durchbohrt seyn, damit die Luft, welche aus der Glocke erst in den Raum vor dem Kolben strömte, und dann durch die krumme Röhre hinter den Kolben getrieben wurde, endlich aus dem Cylinder ins Freye oder in einen Apparat, worin man sie etwa untersuchen will, getrieben werden könne. Diese Oeffnung ist durch ein Ventil geschlossen, welches aus einem kleinen metallenen

lenen Hut besteht, der durch sein Gewicht die Oeffnung luftdicht schließt, indem er mit seinem abgeschliffenen Rande in einem Kanale voll Oel steht. Aus diesem Grunde ist der Cylinder stehend und hat die Lederbüchse mit diesem Ventile oben. Nach dieser Einrichtung kann die Luft in den beyden kurzen Röhren am Hahne nie dichter als die unter der Glokke seyn.

Auch hat Herr Prof. Parrot [e]) eine eigene Einrichtung einer Luftpumpe angegeben, an welcher Herr Munke [f]) einige Fehler entdeckte, und dafür andere Vorschläge gab. Beyde sind nämlich bemüht, die Pumpen mit Hähnen, welche allerdings den mit Ventilen vorzuziehen sind, so zu verbessern, daß der schädliche Raum ganz unbedeutend ist.

Außer den bisher beschriebenen Arten von Luftpumpen hat man noch andere ganz eigenthümliche Arten derselben vorgeschlagen, bey welchen besonders das Quecksilber zur Hervorbringung leerer Räume gebraucht wird, und welche daher auch Quecksilberpumpen oder hydraulische Luftpumpen genannt werden. Die erste Erfindung dieser Art ist schon im Jahre 1722 von dem Schweden Emanuel Swedenborg [g]) gemacht worden. Sein Vorschlag ist dieser: auf dem Tische (fig. 34.) a steht die gläserne Glocke b; c und d sind zwey Oeffnun-

e) Voigt's neues Magazin. B. IV.

f) ebendas. B. VI.

g) Miscellanea observata circa res naturales et praesertim circa mineralia, ign. et montium strata. Lips. 1722. 8. p. 101. Gren's Journal d. Phys. B. IV. S. 407. f.

nungen, jede mit einer Klappe versehen; die Klappe c verstattet der Luft einen Ausgang aus der Glocke, und die Klappe d einen in die freye Luft. Unter dem Tische schließt ein eisernes hohles kegelförmiges Gefäß e an der untern Fläche desselben genau an, so daß seine Höhlung die beyden mit Klappen versehenen Oeffnungen c und d umfaßt. Mit diesem Gefäß ist ein lederner Schlauch ff verbunden, welcher am äußersten Ende noch eine eiserne sehr dünne Röhre gg enthält. Gießt man nun durch m so viel Quecksilber ein, daß der Schlauch ff und ein Theil von e gefüllt wird, und hebt hiernächst g in die Höhe, so steigt das Quecksilber in e bis an das Tischchen; senkt man hierauf g wieder bis unter die Höhe von 28 Zoll herab, so fällt das Quecksilber in e, und zieht die Luft aus der Glocke durch die Klappe c nach sich, welche durch die Klappe d ins Freye geht, wenn an g wieder gehoben wird. Durch dieses abwechselnde Heben und Niederlassen kann die Luft unter der Glocke ausgepumpt werden. Noch ist im Tische eine Oeffnung bey z befindlich, welche man mit einem Stöpsel verschließen kann, um nöthigen Falls wieder Luft einzulassen. Man sieht aber wohl, daß dieser Vorschlag des Herrn Swedenberg schwerlich ausführbar ist, weil der lederne Schlauch nicht ganz Quecksilberdicht verfertigt werden kann. Indessen hat doch diese erste Angabe sehr viele Aehnlichkeit mit der Einrichtung, welche eine geraume Zeit nachher D. Joseph Baader[h]) (fig. 35.) in München ange-

h) Lorenz Hübners physikalisches Taschenbuch für Freunde der Naturgeschichte. Jahrg. 1. 4tes Quartal. Salzb. 1784. S. 650. *Hindenburg* progr. de antlia Bauderiana hydrostatico-pnevmatica. Lipſ. 1787. 4. Gothaisches Magazin. B. V. St. 2. S. 91. f.

angegeben, und selbst beschrieben hat. Die Figur stellt einen vertikalen Schnitt dieser Pumpe vor. Mit dem eisernen Gefäße A ist die Röhre ab mit dem Sengwerd'schen Hahne cb oberhalb und der Röhre ff unterhalb verbunden. Letztere hat eine Länge von etwa 32 Zoll, woran ein heberförmiges Stück m mit dem kleinen Gefäße B befestigt ist. Von diesem Gefäße B geht noch eine enge Röhre pp schief hinauf, welche sich in einen blechernen Trichter C dem Hahne bc gegen über endigt. Wird die Glocke auf den Teller bey a gesetzt, und der Hahn so gestellt, daß der innere Raum des Gefäßes A mit der äußern Luft in Verbindung ist, außerdem aber auch der Hahn o verschlossen, so kann man nun durch den Trichter C alles bis nahe unter dem Hahn bc mit Quecksilber anfüllen. Hierauf dreht man den Hahn so, daß die Glocke mit dem Gefäße A Gemeinschaft hat, und öffnet den Hahn o. Das Quecksilber fängt an bey n auszulaufen, bis es in den Schenkel ff an die Linie hh kommt, wo die Elasticität der verdünnten Luft über b mit dem Gewichte der Quecksilbersäule hm zugleich dem Drucke der äußern Luft das Gleichgewicht hält. Hiernächst wird der Hahn bc wieder in die vorige Stellung gedreht, der Hahn o verschlossen, und das in einem Gefäße aufgefangene Quecksilber wieder in den Trichter C gefüllt, wodurch alles von neuem gefüllt, und die aus der Glocke in das Gefäß getretene Luft ins Freye durch den Hahn bc getrieben wird. Man sieht leicht, daß durch dieses wiederhohlte Verfahren die Luft unter der Glocke immer mehr verdünnt werden könne. Herr Baader[i]) hat nachher einen andern Vorschlag zur Ver-

i) Grens Journal der Physik. B. II. S. 326. f.

Verbesserung seiner Luftpumpe angegeben. Statt daß sonst die Röhre pp durch das heberförmige Stück m mit der Röhre ff fest verbunden war, wird sie jetzt durch ein Gewinde, welches den Fügungen der Gelenke an den Röhren der Feuerspritzen ähnlich ist, an der festen Röhre ff beweglich gemacht. Diese bewegliche Röhre pp ist so lang, daß ihr oberes Ende in der vertikalen Stellung mit dem horizontalliegenden Hahn bc in einerley Ebene fällt. An die Röhre pp ist oben ein kugelförmiges Gefäß befestigt, welches an körperlichen Inhalt mehr beträgt, als das Gefäß A, damit der Druck des im kegelförmigen Gefäße enthaltenen Quecksilbers dasselbe durch die enge Röhre pp in das Gefäß A treiben könne, welches bey der vorigen Einrichtung nicht möglich war. Wird nun an dieser verbesserten Luftpumpe alles so gestellt, daß das Gefäß A mit der äußern Luft Communikation hat, und bey vertikaler Stellung der Röhre pp Quecksilber in das kugelförmige Gefäß gegossen, bis es an den Hahn bc der andern Röhre geht, so verschließt man den Hahn bc, und dreht die bewegliche Röhre pp in die horizontale Lage. Dadurch verwandelt sich die Maschine in eine Art von Winkelbarometer, und das Quecksilber kann nicht mehr in der Höhe mb erhalten werden, weil sie größer als 28 Zoll ist. Mithin fällt es nun herab, tritt aus dem Gefäße A heraus, und würde 28 Zoll über dem Niveau des andern Gefäßes stehen bleiben, wenn sich über ihm eine völlige Leere bildete. Da aber die Luft unter der Glocke sich ausdehnt, und dem fallenden Quecksilber nachfolgt, so drückt sie vermöge ihrer Elasticität dasselbe noch weiter herab. Wird hiernächst der Hahn bc in die erste Stellung gebracht, die bewegliche Röhre pp wieder vertikal aufgerichtet,

und

und nun die vorige Operation von neuem wiederhohlt, so kann dadurch der Raum unter der Glocke immer mehr luftleer gemacht werden.

Auch Herr Hindenburg[k]) hat einen Vorschlag zu einer hydraulisch-pnevmatischen Luftpumpe gethan, und folgenden wesentlichen Mechanismus einer solchen Einrichtung angegeben. Der Stiefel B (fig. 36.) und die daran befindliche Röhre lb sind von Eisen, der übrige Theil bk der Röhre nebst dem Gefäße A von Glas; der obere cylindrische Theil des Gefäßes A paßt in den metallenen Knopf g, worin sich ein Sengwerd'scher Hahn befindet. Die Kolbenstange ist ebenfalls von Eisen, an welcher der Stempel durch den Griff i hin- und herbewegt wird; damit aber dieser nicht so tief hineingestoßen, und zu weit herausgezogen werde, dienen die beyden Schrauben aa, und die Stellschraube h an der Kolbenstange. Der Hahn gc ist so durchbohrt, daß er ein mal eine Verbindung des Gefäßes A mit der äußern Luft zuläßt, und, wenn er um den vierten Theil seines Umkreises gedreht wird, eine Gemeinschaft des Gefäßes A mit der auf dem Teller ef befindlichen Glocke verstattet, und endlich, wenn er noch um einen vierten Theil des Umkreises gedreht wird, den innern Raum der Glocke mit der äußern Luft in Verbindung bringt. Wenn nun der Stempel niedergestoßen worden, so muß der ganze Raum cbkg bis an den Hahn mit reinem Quecksilber gefüllt seyn. Bringt man hiernächst das Gefäß A mit der Glocke in Verbindung, und zieht den Stempel in die Höhe, so fällt

k) Antliae novae hydraulico-pnevmaticae mechanismus et descriptio. Lipf. 1787. 4.

fällt das Quecksilber in dem Gefäß herab, und die Luft folgt ihm aus der Glocke nach; diese Luft wird sodann durch gehörige Stellung des Hahns gc ins Freye fortgeschafft. Man sieht leicht, daß diese wiederhohlte Operation die Luft unter der Glocke immer mehr verdünnen könne.

Eine andere Einrichtung der hydraulischen Luftpumpe, welche im Wesentlichen von der Hindenburg'schen nicht viel abweicht, giebt Cazalet in Bourdeaux an [l]), nur bediente sich dieser statt des Quecksilbers des ausgekochten Wassers. Er verbindet in einem hohen Zimmer ein starkes und hinlänglich großes Gefäß mit einer engen Röhre von 34 Fuß Höhe, füllt hierauf alles mit Wasser an, schraubt hernach den Teller und auch den Hahn unten an die Röhre, und läßt das Wasser so lange auslaufen, bis die zurückgebliebene Wassersäule mit dem Drucke der Atmosphäre im Gleichgewichte ist. Alsdann werden die Hähne wieder verschlossen, das Gefäß von neuem mit Wasser gefüllt, und dieß Verfahren, so oft es nöthig ist, wiederhohlt. Die Unbequemlichkeit einer solchen Maschine fällt sogleich in die Augen.

Ueberhaupt sind alle diese Vorschläge von hydraulisch-pnevmatischen Luftpumpen, worunter unstreitig die Hindenburg'sche den Vorzug verdient, nie in Ausübung gekommen.

Auch hat nach Herrn Wilke, einen luftleeren Raum durch Hülfe der Erkältung der Wasserdämpfe hervorzubringen, der Abbé Cajetan Berretray einen Vorschlag gethan, welchen Corradori [m]) beschreibt.

l) Journal de physique. May 1789. p. 334.

m) Journal de physique. Fevr. 1791. p. 150. sqq. übers. in Gren's Journal der Physik. B. VI. S. 86. f.

schreibt. Er unterscheidet sich von dem Wilke'schen nur darin, daß bey der Einrichtung des Berretray die Dämpfe im Gefäße selbst gebildet werden, da sie Wilke aus einem andern Gefäße herbeyleitet. Auf einem großen kupfernen und verzinnten Gefäße (fig. 37.) A ist der konische Deckel B genau angelöthet, aus welchem die Röhre a mit dem Hahne b herausgeht, an die eine andere am Ende d mit Schraubengängen versehene kleine Röhre cd luftdicht angeschraubt werden kann. Inwendig ist die Röhre a beynahe bis zum Boden des Gefäßes A hinuntergeführt, muß aber von selbigem so weit abstehen, daß die unterste Oeffnung l die Fläche von 3 Pfund Wasser in das Gefäß gegossen nicht berühre. Auf der andern Seite des Deckels, der Röhre a gegenüber, ist eine andere gebogene Röhre efghi angelöthet, welche ebenfalls einen Hahn besitzt, zuerst nach außen geht, nachher bey h ins Gefäß sich wendet, und bey i in das in der Mitte durchbohrte und mit Schraubengängen versehene Stück Messing i, das auf dem Deckel angelöthet ist, sich endigt, so daß also durch diese gebogene Röhre der innere Raum des Gefäßes A durch e eine Gemeinschaft mit der äußern Luft hat. Auf das Stück Messing i wird nun eigentlich die Communikationsröhre mit dem Teller, der die Glocke trägt, aufgeschraubt; diese Röhre besitzt, wie gewöhnlich, einen Hahn. Die ganze Maschine wird von dem Dreyfuße nnn und dem eisernen Ringe kk getragen. Das zwischen den Füßen befindliche Bret mm dient, eine Kohlenpfanne darauf stellen zu können.

Beym Gebrauche dieser Maschine wird die Communikationsröhre mit dem Teller abgeschraubt, hierauf bey geöffnetem Hahne g durch den gekrümmten

Kanal ihgfe etwas über 3 Pfund Wasser in das Gefäß gegossen, und der Hahn g wieder verschlossen. Hiernächst wird nun der andere Hahn b geöffnet, und die Kohlenpfanne mit glühenden Kohlen auf das Bret m m gestellt; nach wenigen Minuten tröpfelt aus der Oeffnung d das lauwarme Wasser heraus, bis die Oeffnung l ganz von Wasser frey wird; hierauf verstärkt man das Feuer mit dem Blasebalge so viel als möglich, da dann nach einigen Minuten ein Strahl kochenden Wassers aus der Röhre treten wird, dem ein Strom von heftigem Dampfe mit häufigen Wassertropfen nachfolgt, welche leztere durch Verdichtung des Dampfs an der innern Fläche der Röhre bewirkt werden. 3 bis 4 Minuten nach dieser Erscheinung wird sodann der Hahn bey b verschlossen, und zugleich die Kohlenpfanne weggenommen, indem man sonst in Gefahr seyn würde, durch Verdampfung alles Wassers das Gefäß zu zersprengen. Nachher wird mit einem mit kaltem Wasser getränkten Schwamme der Deckel B mit dem Gefäße A abgekühlt: die Verdichtung der Wasserdämpfe wird in zwey bis drey Minuten erfolgen. Nun schraubt man den Teller in i auf, und öffnet den Hahn g, da sich dann die unter der Glocke befindliche Luft durch die Röhre ihgfe ausdehnen und ein Theil in das luftleere Gefäß A treten wird.

Wenn man noch die kleine Röhre cd an a luftdicht anschraubt, an ihr Ende eine oben und unten offene Glasröhre, welche etwa 30 Zoll lang und in Zolle und Linien eingetheilt ist, ebenfalls luftdicht anschraubt, und das untere Ende dieser Glasröhre in ein Gefäß mit Quecksilber stellt, so sieht man nach der Oeffnung des Hahns b durch das Steigen des Quecksilbers in der Röhre, wie groß der Unterschied der Elasticis

sticität der in der Glocke zurückgebliebenen elastischen Materie ist.

Herr Corradori rühmt diese Maschine wegen folgender Vortheile: 1. könne man dadurch auf einmal eine sehr große Verdünnung der Luft zuwege bringen; 2. sey sie den Erschütterungen nicht unterworfen, welche bey den gewöhnlichen Luftpumpen beym Aus- und Einwinden des Stempels verursacht werden; 3. könne man bey verlangter starker Verdünnung den Versuch in kurzer Zeit 8 bis 10mal wiederholen; und 4. sey die Maschine sehr wohlfeil und leicht zu behandeln.

Um die heißen Wasserdämpfe schneller und bequemer abzukühlen, als durch den mit kaltem Wasser getränkten Schwamm, könnte noch ein cylindrisches Gefäß mit dem untern Rande auf den Deckel B gelöthet werden, dessen oberer Rand bis nahe an den Hahn in der Communikationsröhre des Tellers reichte. Durch diese Vorrichtung könnte die Verdichtung der Dämpfe sehr schnell von statten gehen, und überdieß der Zutritt der Luft von den Hähnen abgehalten werden. Die Röhre cd müßte alsdann aus dem Gefäße hervortreten, und in der Oeffnung wasserdicht verlöthet seyn. In einer auf diese Weise eingerichteten Maschine stieg bey einem Versuche das Quecksilber in der damit verbundenen Barometerprobe bis auf eine Höhe, welche von der damaligen Barometerhöhe nur um 1 Linie abwich. Nach Herrn Gren's Vorschlage wäre es noch vortheilhafter, das ganze Gefäß von seinem Boden an mit einem dünnen kupfernen Cylinder zu umgeben, welcher nur $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll davon abzustehen brauchte, und unten, um das Wasser abzulassen, einen Hahn hätte. Wenn alsdann der Raum zwischen dem Gefäße und dem äußern Cylinder

der mit kaltem Wasser angefüllt würde, so könnten auch die im Kessel befindlichen heißen Wasserdämpfe bald abgekühlt und verdichtet werden.

Endlich hat auch noch Herr D. Ingenhouß [n]) einen andern Vorschlag gethan, einen luftleeren Raum hervorzubringen. Die Veranlassung hiezu gab ihm die Entdeckung des Abt Felix Fontana, daß glühende Kohlen beym Ersticken so viel Luft verschlucken, als ihr achtfaches Volumen ausmacht. Es wird nämlich ein Kohlenbecken von geschlagenem Kupfer, welches hier und da durchbrochen ist, in einen kupfernen Kessel, worin es genau paßt, eingesetzt. Der Kessel steht auf drey Füßen, und kann durch Hülfe eines Deckels luftdicht verschlossen werden, daß also die Kohlen ersticken müssen. An dem Deckel befindet sich eine Röhre mit einem Hahne, auf welche eine andere ebenfalls mit einem Hahne versehene Röhre, die den Teller mit der Glocke trägt, angeschraubt werden kann. Die ganze Vorrichtung wird in ein großes Gefäß mit Wasser gestellt, und nach gänzlicher Erstickung der Kohlen werden beyde Hähne geöffnet. Die Kohlen verschlucken einen Theil der Luft unter der Glocke, welche eine immer stärkere Verdünnung erleidet, wenn diese Operation wiederhohlt wird.

Was die Elasticitätszeiger betrifft, so hatte zwar Smeaton an seiner Luftpumpe einen eigenen im Th. IV. S. 214. beschriebenen angebracht, allein es waren hiebey beschwerliche Rechnungen vorzunehmen; daher haben die Herren Nairne und Blunt bey der verbesserten Smeaton'schen Luftpumpe wiederum den gewöhnlichen Hawksbee'schen Merkurialzeiger zum Maaße

n) Vermischte Schriften physisch-medicin. Inhalts, herausgeg. von Molitor. 2te Aufl. B. I. S. 433. f.

Maaße der verminderten Elasticität angewendet. Der einzige Unterschied, welcher hiebey statt findet, ist dieser, daß die Barometerröhre nicht, wie bey der Hawksbee'schen Einrichtung, unmittelbar in die Röhre, welche mit dem Teller verbunden, eingelassen ist, sondern erst in eine messingene Büchse geht. In dem Deckel dieser Büchse ist dann erst eine krumme Röhre befestigt, welche mit dem zur Glocke führenden Kanale Gemeinschaft hat. Die Absicht dieser ganzen Einrichtung ist, zu verhindern, daß das Quecksilber nicht in die Maschine spritzen könne, wenn etwa ja durch irgend ein Versehen einmal zu der Zeit, da Quecksilber in der Torricellischen Röhre ist, die äussere Luft von unten zudränge, sondern daß es sich vielmehr auf diese Weise in der deßhalb mit einem Kitt überzogenen Büchse sammle, und aus selbiger wieder in das Gefäß herablaufe. Um den Grad der Verdichtung zu messen, ist eine kleine gläserne horizontale Röhre angebracht, welche an dem einen Ende zugeschmolzen, das andere offene aber in Verbindung mit dem Kanale ist, durch welchen die Luft unter die Glocke geht. In diesem Kanale ist die Luft eben so verdichtet, wie unter der Glocke selbst. Will man nun den Grad der Verdichtung messen, so läßt man einen Tropfen Quecksilber in dieses Röhrchen, aber nicht allzunahe an das zugeschmolzene Ende laufen. Hat man nun die Entfernung des Tropfens vom zugeschmolzenen Ende im natürlichen Zustande der Luft gemessen, so kann man aus der Abnahme dieser Distanz den Grad der Verdichtung nach dem Mariottischen Gesetze finden. Um diese Messungen ohne alle Umstände anzustellen, liegt das Röhrchen auf einer elfenbeinernen Skale.

Herr van Marum gebraucht bey seiner Luftpumpe statt der gewöhnlichen Barometerröhre ei-

ne

ne Röhre in Gestalt eines Hebers, in welcher ein Theil mit ganz reinem und ausgekochtem Quecksilber angefüllt ist. Diese Röhre ist an das Bret, welches gehörig in Zolle eingetheilt ist und auf einer metallenen Platte steht, befestigt. Der Unterschied der Höhe des Quecksilbers in beyden Röhren am Ende der Verdünnung zeigt an, bis zu welcher Höhe das Quecksilber durch den Druck der Luft oder einer andern elastischen Flüssigkeit erhoben ist, welche in dem Recipienten zurückbleibt, worin die Röhre gestellt worden.

Bisher war man immer der Meynung gewesen, daß die Elasticitätszeiger zugleich die Verdünnung der Luft unter der Glocke angäben, ob man gleich schon längst beobachtet hatte, daß sich beym Verdünnen der Luft jederzeit Dämpfe erzeugen. Nollet hielt diese Dämpfe für fremdartige Theile, welche sich bey der Verdünnung der Luft zeigen, allein Lichtenberg bemerkte ganz richtig, daß sich diese Dämpfe beym Verdünnen der Luft erst entwickeln, und daher auf das Barometer wirken, daß folglich die Elasticitätszeiger keinesweges Dichtigkeitszeiger seyn könnten. Und eben daher entstehe der oft sehr große Unterschied zwischen der Verdünnung, die man aus dem Barometer, und der, die man aus der Birnprobe geschlossen habe. Hiebey führt aber Lichtenberg noch an, daß vielleicht der Unterschied in den Rechnungen zum Theil entweder daher rühren könne, daß das Mariottische Gesetz auf große Verdünnungen der Luft nicht mehr anwendbar sey, oder daß die Birnprobe selbst, so richtig auch das Princip seyn möge, worauf sich ihr Gebrauch gründe, nach ihrer gegenwärtigen Einrichtung noch Mängeln unterworfen sey, die sich nicht so leicht schätzen ließen.

Herr

Herr Brook °) glaubte auch wirklich an der Birnprobe Mängel entdeckt zu haben. Er fand die Verdünnung der Luft, welche die Birnprobe angab, sehr verschieden, nachdem die Gestalt des Werkzeugs verschieden, und das Quecksilber in demselben ausgekocht oder nicht ausgekocht war. Er zieht hieraus die Folge, daß die Birnprobe ganz trüglich, und daß ein gut ausgekochtes Barometer sicherer sey, die Verdünnung der Luft unter der Glocke der Luftpumpe zu bestimmen. In den sechs ersten Versuchen hielt Brook die Röhre der Birnprobe in einer lothrechten Lage, indem er den Raum der in der Probe zurückgebliebenen Luft bezeichnete, und er meynt, daß diese Methode richtiger sey, als die von Smeaton angegebene. Was die ausgekochte Birnprobe betrifft, so brachte er das Ende derselben in ein Gefäß mit Quecksilber unter der Glocke, und evakuirte. Wenn die Verdünnung so weit getrieben war, als es die Luftpumpe vermochte, zog er die Oeffnung der nun leer gewordenen Probe aus dem Quecksilber heraus, ließ die verdünnte Luft hineintreten, brachte die Oeffnung der Probe wieder unter Quecksilber, und ließ atmosphärische Luft unter die Glocke. Hiebey ereignete es sich zuweilen, daß ein Theil des Quecksilbers in der Röhre hängen blieb, und während dem Evakuiren durch Schütteln nicht herunter gebracht werden konnte. Herr Brook glaubt, dieses habe auf den Versuch keinen Einfluß haben können, weil der Raum der zurückgebliebenen Luft zwischen den Quecksilbersäulen nach hinzugelassenem Druck der Atmosphäre eben so groß ausfallen müsse, als wenn sich die eingesperrte

o) Vermischte Erfahrungen über die Elektricität, die Luftpumpe und das Barometer. Aus dem Engl. mit Anmerk. und Zusätzen von L. C. Q. Kühn. Leipz. 1790. 8.

te Luft an dem zugeschmolzenen Ende der Birnprobe befinde.

Diese verschiedenen Angaben des Herrn Brook gaben dem Herrn Prof. Schmidt in Gießen p) Veranlassung, die Versuche des Herrn Brook einer nähern Prüfung zu unterwerfen, um entweder Fehler, welche dabey vorgegangen seyn könnten, zu entdecken, oder die Folge der Trüglichkeit der Birnprobe als wahr anzunehmen. Herr Prof. Schmidt glaubt aber gefunden zu haben, daß Herr Brook nicht zu jeder Zeit nach richtigen Grundsätzen verfahren habe. Denn 1. scheine es ihm, als ob Herr Brook den Grundsatz, auf welchen die Einrichtung der Birnprobe beruhe, nicht richtig gefaßt habe, und 2. ließen uns Brook's Versuche in Ungewißheit über die Ursache, woher jene Verschiedenheit in den Angaben der Birnprobe rühre. Es frage sich daher, ob man der Birnprobe nicht eine solche Einrichtung geben könne, wodurch jene Verschiedenheit in ihren Angaben vermieden würde? Was nämlich die lothrechte Stellung der Röhre der Birnprobe bey den ersten sechs Versuchen des Hrn. Brook betreffe, so bemerkt Hr. Schmidt, daß dieses nothwendig einen Irrthum verursachen müsse, und daß es daher kein Wunder sey, wenn er in diesen Versuchen immer stärkere Verdünnungen erhalten habe, je kürzer die Röhre gewesen, welche er mit dem Gefäße der Birnprobe verbunden habe. Denn in den längern Röhren habe eine längere Quecksilbersäule der Atmosphäre entgegengedruckt, und die zu-

rück-

p) Ueber die vom Herrn Brook entdeckte Trüglichkeit der Smeaton'schen Birnprobe, und die Mittel, sie zu vermeiden, in Gren's neuem Journ. der Phys. B. III. S. 150. f.

rückgebliebene Luft desto mehr Raum einnehmen müssen, je stärker dieser Gegendruck gewesen sey.

Daß auch die Voraussetzung des Herrn Brook bey dem siebenten Versuche falsch sey, erhelle offenbar daraus, weil in dem Falle, wenn ein Theil der Quecksilbersäule an dem Glase hangen blieb, sich nicht die ganze Birnprobe mit der verdünnten Luft aus der Glocke füllen konnte, und also der Raum der zurückgebliebenen Luft, nachdem der Druck der Atmosphäre das Quecksilber wieder in die Probe getrieben hatte, kleiner ausfallen mußte, als wenn die ganze Probe vorher mit verdünnter Luft wäre angefüllt worden. Das Hängenbleiben des Quecksilbers in der Birnprobe hätte Brook vermeiden können, wenn er das Quecksilber zu wiederholten Malen in die Röhre durch den Druck der Atmosphäre hätte hinaufsteigen lassen, ohne die Oeffnung der Birnprobe aus dem Quecksilber in dem untenstehenden Gefäße herauszubringen.

Um also die Ursachen der Verschiedenheit in den Angaben der Birnprobe und die Mittel, ihr zu begegnen, aufzufinden, stellte Herr Schmidt mehrere Versuche mit Birnproben von verschiedenen Dimensionen an, welche theils ausgekocht, theils nicht ausgekocht waren. Bey den Versuchen mit ausgekochten Birnproben verfuhr er, ganz nach Hrn. Brook, so: er wog die mit Quecksilber gefüllte und ausgekochte Probe, brachte sie umgekehrt in ein Gefäß mit Quecksilber unter die Glocke, und ließ, nachdem die Luft verdünnt und das Quecksilber in der Probe herabgesunken war, verdünnte Luft in die Probe treten, druckte sie mit ihrer Oeffnung gleich wieder unter Quecksilber und öffnete der Atmosphäre den Zu-

tritt unter die Glocke. Den Raum der zurückgebliebenen Luft bezeichnete er bey horizontaler Lage der Probe, wog ihn voll Quecksilber, und berechnete aus diesem Gewichte, verglichen mit dem Gewichte des Quecksilbers in der ganzen Birnprobe, den Grad der Verdünnung. Die Resultate der mit sechs verschiedenen Birnproben angestellten Versuche stimmten darin überein, daß die mit Quecksilber gefüllten und ausgekochten Birnproben eine ungleich stärkere Verdünnung anzeigen, als die nach der Smeaton'schen Weise unausgekochten Birnproben. Es folgt also aus diesen Versuchen, daß sich aus dem unausgekochten Quecksilber in dem Augenblicke, wo es durch den Druck der Atmosphäre in den leeren Raum der Birnprobe getrieben wird, Luft entbinde, und daß diese aus dem Quecksilber entbundene Luft den Raum der in der Birnprobe zurückgebliebenen verdünnten Luft vergrößere, wodurch die Angabe der Verdünnung nach der unausgekochten Birnprobe kleiner ausfallen muß. Da er nun nach diesen Versuchen fand, daß die Verdünnungen nach der Birnprobe mit den Verdünnungen nach dem Barometer nicht in einerley Verhältniß standen, so vermuthete er, daß vielleicht diese Disharmonie bey einem und demselben Versuche mehr einer größern Menge elastischer Dämpfe, als der Birnprobe zuzuschreiben sey. Um also mit Gewißheit zu bestimmen, ob die Abweichungen der Angaben der ausgekochten Birnproben von einander, wie Herr Brook behauptet, von der Verschiedenheit der Gestalt der Gefäße, oder von einer wirklich verschiedenen Menge Dämpfe herrühre, brachte er zwey ausgekochte Birnproben von verschiedenen Dimensionen zugleich unter den Recipienten der Luftpumpe, und stellte hiemit folgenden Versuch an: die kleine Birnprobe, deren Röhre 4 Paris. Zoll lang und 2 Linien

nien weit war, faßte $5\frac{9}{16}$ Loth + 20 Richtpfenningstheile Köllnischen Markgewichts, die große Birnprobe, deren Röhre 6 Paris. Zoll lang und 2 Linien weit war, faßte $7\frac{7}{16}$ Loth + 198 Richtpfenningstheile Quecksilber. Die Verdünnung war nach der kleinen Birnprobe 84fach, nach der größern 101fach, nach dem heberförmigen Barometer 67,4fach. Der Stand des Barometers bey diesem Versuche war 28 Zoll 1 Linie, des Thermometers 13° nach Reaum. mit Quecksilber. Mit einer jeden dieser Birnproben stellte er nun auch den Versuch nach Smeaton'scher Weise an, und fand die Verdünnung nach der kleinen 70:, nach der größern 84fach, nach dem heberförmigen Barometer, wie vorher, 67fach. Diese beyden Versuche beweisen also ganz klar, daß die Größe und die Gestalt der Gefäße, sowohl bey ausgekochten als unausgekochten Birnproben, allerdings einen Einfluß auf die Verdünnung haben. Die erste Ursache hievon scheint nach Herrn Schmidt in der aus dem Quecksilber in die Birnprobe dringenden Luft zu liegen, deren Einfluß aber durch die Gestalt der Gefäße modificirt werde. Denn es befand sich auch bey den ausgekochten Birnproben unausgekochtes Quecksilber in dem Gefäße, worin die Oeffnung der Birnprobe umgekehrt war, und durch die Vermischung des aus der Probe tretenden ausgekochten Quecksilbers mit dem unausgekochten des Gefäßes tritt die ganze Quecksilbermasse mehr oder weniger in den luftvollen Zustand zurück, in welchem sie sich vor dem Auskochen befand. Der Einfluß der aus dem Quecksilber in die Birnprobe dringenden Luft auf die Angabe der Birnprobe muß in dem zusammengesetzten Verhältnisse der Menge der eindringenden Luft und dem verkehrten der Größe der Skale der Birnprobe stehen. Die Menge der aus dem

dem Quecksilber dringenden Luft wird bey gleichem Luftgehalt des Quecksilbers, in dem Verhältnisse der Menge des in die Probe tretenden Quecksilbers, und hauptsächlich im Verhältnisse der Größe des Querschnitts der Röhre und des Gefäßes der Birnprobe stehen. Denn es ist begreiflich, daß, je größer dieser Querschnitt ist, desto mehr Berührungspunkte zwischen der Oberfläche des eindringenden Quecksilbers und dem leeren Raume der Birnprobe statt finden, und daß bey übrigens gleichen Umständen die aus dem Quecksilber in den leeren Raum der Birnprobe tretende Luft in dem Verhältnisse dieser Berührungspunkte stehen müsse. Diese Schlüsse wurden durch folgenden Versuch gerechtfertigt: er brachte die große Birnprobe mit einer andern von gleicher Länge, deren Röhre aber nur $\frac{1}{2}$ Linie weit war, und deren körperlicher Raum nur $2\frac{1}{12}$ Loth + 120 Richtpfenningstheile Quecksilber faßte, zugleich unter die Glocke, und suchte die Verdünnung nach der Smeaton'schen Art. Die enge Probe gab eine 143fache Verdünnung an, als die weite Probe eine 87fache, und das heberförmige Barometer eine 67fache anzeigte.

Herr Schmidt giebt übrigens folgende Vorschriften, um den Einfluß der aus dem Quecksilber dringenden Luft auf die Angabe der Birnprobe wo nicht ganz aufzuheben, doch möglichst zu vermindern, und gewisser Maaßen gleichförmig zu machen:

1. Man vergrößere die Skale der Birnprobe durch Verengerung der Röhre derselben, ohne den Raum des birnförmigen Gefäßes zu erweitern. $\frac{1}{2}$ Linie im Durchmesser möchte eine der schicklichsten Weiten für die Röhre der Birnprobe seyn. Enger darf man sie deßwegen nicht wohl machen, weil sonst die

feine

feine Haarröhre dem Eindringen des Quecksilbers hinderlich seyn könnte. Durch die angegebene Weite erhält man zugleich den Vortheil, daß die Grenze des Quecksilbers bey horizontaler Lage der Birnprobe scharf abgeschnitten bleibt, und man den Raum der zurückgebliebenen Luft genau messen kann; da hingegen bey weitern Röhren die Grenze des Quecksilbers bey der horizontalen Lage der Röhre eine krumme Fläche bildet, welche jenen Raum nicht so genau zu messen verstattet. Ob es gleich schwer halten wird, in einer so engen Röhre das Quecksilber auszukochen, so hat man auch nicht nöthig, dasselbe in der ganzen Birnprobe auszukochen, wenn es nur in dem birnförmigen Gefäße ausgekocht wird.

2. Koche man das Quecksilber in dem Gefäße selbst aus, welches man bey Anstellung des Versuchs unter die Birnprobe bringt. Am besten schickt sich hiezu eine kleine eiserne Büchse, welche man während des Auskochens mit einem eisernen Deckel verschließt, damit nicht zu viel Quecksilber verfliege. Hat das Kochen eine Viertelstunde gedauert, so bringe man die Büchse behutsam vom Feuer, und lasse sie zugedeckt erkalten. Ist das Quecksilber so weit abgekühlt, daß keine Dämpfe mehr davon aufsteigen, so bringe man die Büchse mit dem Quecksilber unter die Glocke, und die zuvor wohl getrocknete und erwärmte Birnprobe darüber.

3. Ist nun alles zur Temperatur der unter der Glocke eingeschlossenen Luft gekommen, so lasse man die Pumpe arbeiten, und verfahre übrigens auf die bekannte Art. Noch ist zu bemerken, daß man das Quecksilber sowohl, als auch die Birnprobe, so rein wie möglich zu dem Versuche nehme, indem sonst

 der

der geringste Schmutz Gelegenheit geben möchte, daß ein Luftbläschen in der innern Wand der Birnprobe hängen bliebe.

4. Da aber bey allen diesen Vorsichtigkeitsregeln doch nicht mit Gewißheit bestimmt werden kann, ob dadurch die Unbestimmtheit in den Angaben der Birnprobe völlig aufgehoben werden könne, so ist es rathsam, die Birnprobe so viel als möglich nach einerley Dimensionen zu verfertigen. Bey einer Weite der Röhre von $\frac{1}{2}$ Paris. Linie wird die Länge derselben etwa bis auf 6 Zoll hinreichend seyn.

Mit einer genauen Befolgung dieser Vorschriften stellte Herr Schmidt noch ein Paar Versuche mit zwey, in Ansehung der Dimensionen von einander verschiedenen, Birnproben an, und fand, daß diese nicht nur vollkommen unter sich harmonirten, sondern daß auch selbst die Verdünnungen nach der Birnprobe sich gegen einander sehr nahe verhielten, wie die Verdünnungen nach dem heberförmigen Barometer. Denn nach dem ersten Versuche war die Verdünnung nach dem heberförmigen Barometer 33fach, nach der Birnprobe 42fach; nach dem andern Versuche aber die Verdünnung nach dem heberförmigen Barometer 48fach, nach der Birnprobe 65fach. Es ist daher keinem Zweifel unterworfen, daß die Unbestimmtheit in der Angabe der Birnprobe durch genaue Befolgung dieser Vorschriften vermieden werden könne. Allemal muß aber ein merklicher Unterschied zwischen der Anzeige des Barometers und der der Birnprobe unter übrigens gleichen Umständen bleiben.

Daß die Luft, auch bey der stärksten Verdünnung, noch ein Bestreben zeigt, sich nach allen Seiten

ten auszubreiten, oder daß sie elastisch sey, war schon durch die ersten Erfinder der Luftpumpe mit hinreichender Gewißheit ausgemacht. Ob aber hiebey das bekannte Mariottische Gesetz anwendbar sey, und ob selbiges überhaupt ganz allgemein statt finde, war bisher noch unausgemacht. Kant hatte in seinen metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft überhaupt erwiesen, daß alle Materie ursprünglich elastisch sey, und daraus das Gesetz zur Möglichkeit einer Construktion der Zurückstoßung abgeleitet: daß sich die ursprünglich zurückstoßenden Theile der Materie im umgekehrten Verhältnisse des Würfels ihrer unendlich kleinen Entfernungen befinden müßten. Allein er meynt, aus diesem Gesetz müßte nothwendig ein ganz anderes Gesetz der Ausdehnung und Zusammendruckung derselben, als das Mariottische Gesetz der Luft folgen; denn dieses beweise fliehende Kräfte ihrer nächsten Theile, die im umgekehrten Verhältnisse ihrer Entfernung stehen, wie Newton bewiesen habe. Allein man könne die Ausdehnungskraft der letztern auch nicht als Wirkung ursprünglich zurückstoßender Kräfte ansehen, sondern sie beruhe auf Wärme, die nicht bloß als eine in sie eingedrungene Materie, sondern allem Ansehen nach durch ihre Erschütterungen die eigentlichen Lufttheile, denen man überdieß wirkliche Entfernungen von einander zugestehen könne, nöthige, einander zu fliehen. Daß aber diese Bebungen den einander nächsten Theilen eine Fliehkraft, die im umgekehrten Verhältnisse ihrer Entfernung stehe, ertheilen müsse, lasse sich nach den Gesetzen der Mittheilung der Bewegung durch Schwingung elastischer Materien wohl begreiflich machen.

 Herr

Herr von Arnim q) aber bemerkt ganz richtig, daß sich gegen diesen von Kant angeführten Beweis mit Recht erinnern lasse, daß er nicht nur auf ganz unerwiesenen Gründen, auf einer eigenen Wärmematerie, ihren Schwingungen, und auf Theilchen, wo alles noch ungetheilt sich darstelle, beruhe, sondern daß er überdieß nach diesen Annahmen nichts beweise, weil jene Wärmematerie andern Gesetzen, als jede andere Materie, folgen müsse. Vielmehr sucht Herr von Arnim aus Kant's eigenen Grundsätzen die allgemeine Gültigkeit des Mariottischen Gesetzes zu erweisen. Er sagt nämlich, sobald bewiesen sey, daß die Repulsiv- und Attraktivkraft gegenseitig sich so beschränken, daß die Wirksamkeit der einen im umgekehrten Verhältnisse der Wirksamkeit der andern stehe; wenn ferner bewiesen werde, daß die Stärke jener im umgekehrten Verhältnisse der Räume, welche sie erfülle, die Stärke der Anziehung, welche auf dieselbe wirke, aber im umgekehrten Verhältnisse der Wirksamkeit der andern stehe; so werde die Repulsion in einer expansibeln Flüssigkeit, deren jetzige Raumerfüllung sich zur vorigen wie $\mu : v$ verhält, seyn $R : r = v^3 . \mu^2 : \mu^3 . v^2 = v : \mu$. Da also die widerstehenden Kräfte im verkehrten Verhältnisse der Volumina wüchsen, so würden auch die ihnen entgegenwirkenden Kräfte diesem Gesetze folgen müssen.

Das Mariottische Gesetz dürfe nicht über sein Gebiet ausgedehnt werden, also weder auf bloß gemengte Flüssigkeiten, von welchen zwar jede in ihrer specifischen Repulsion dem Gesetze folge, aber deren gemeinschaftliche Zusammendruckung nothwendig von diesem Satze abweichen müsse; noch auf Flüssigkeiten, die

q) Gilbert's Annalen der Physik. B. II. S. 238.

die während des Drucks zersetzt werden. Es könne uns daher zugleich ein Prüfungsmittel abgeben, ob eine Flüssigkeit gemischt oder gemengt sey, und in dieser Rücksicht würde aus den von Sulzer und Müller angestellten Versuchen folgen, daß die Luft zwar im Ganzen ein Gemisch sey, daß ihr aber auch einige Flüssigkeiten bloß beygemengt wären. Doch ließen sich vielleicht diese Abweichungen aus der Zersetzung der Wasserdämpfe oder aus der geringen Menge kohlensauren Gas allein nicht erklären, sondern es gebe eine in vieler Hinsicht merkwürdige Erfahrung, die hier vielleicht zur Aufklärung gebraucht werden könne.

Cullen habe zuerst die Beobachtung gemacht, daß beym schnellen Auspumpen der Luft aus einer Glocke das darin eingeschlossene Thermometer schnell um 2 bis 3 Grade falle, und allmählig wieder auf seinen vorigen Stand zurückkomme. Lambert und Saussüre haben das bestätigt, und letzterer durch einige sorgfältige Versuche erwiesen, daß ein schnelles Verdunsten einer Flüssigkeit die Ursache dieser Erscheinung sey. Herr von Arnim meynt, hieraus werde so viel folgen, daß die Luft, bey ihrem Ausdehnen in einen größern Raum, die umgebenden Körper erkalte. Da aber jedes Wärmeverschlucken der Körper, besonders aber der Luft, mit Ausdehnung verbunden sey, so werde die Repulsion der Luft beym Austreiben derselben in einen größern Raum, oder beym Verdünnen derselben, größer seyn, als nach dem ursprünglichen Gesetze für ihre Ausdehnung statt finden sollte. Umgekehrt werde aber einer dichtern Luft von den umgebenden Körpern Wärme geraubt werden, und diese dadurch einen geringern Grad von Repul-

sion erhalten, als nach dem Gesetze ihrer Zusammendruckung erfolgen sollte, und dieß bestätigten die Sulzer'schen und Müller'schen Versuche.

Doch ließen sich aus jenen Beobachtungen noch einige andere Schlüsse ziehen, die für die Meteorologie nicht unwichtig wären. Man setze nämlich, die Luft in jeder Glocke wäre von den umgebenden Körpern und der dichtern Luft nicht wieder erwärmt worden, so würde das Thermometer darin immer niedriger gestanden haben, als in der dichtern Luft. Dieses finde nun wirklich in den obern Regionen unserer Atmosphäre statt, wo dünnere Luft und keine wärmere Körper wären, und es werde daher, auch ohne Rücksicht zu nehmen auf die Erwärmung des untern Luftkreises durch die Erde, und ohne alle Hypothesen von größerer oder geringerer Durchsichtigkeit der Luft, die größere Kälte der Luft, je höher man steige, erklärt seyn.

Wenn also gleich das Mariottische Gesetz allgemein gültig ist, so kann es doch nur alsdann statt finden, wenn die Luft gleich warm, gleich feucht und gleich gemischt ist. Von der Wärme sagt schon Lambert sehr scharfsinnig, die Elasticität der Luft werde durch sie verstärkt, durch den Druck aber vergrößert. Nach der Zeit aber sind lieber die Ausdrücke absolute und specifische Elasticität eingeführt worden. Unter jener versteht man die Stärke, womit die Luft der zusammendruckenden Kraft widersteht, an sich, ohne auf andere Umstände, z. B. Wärme, Dichtigkeit u. s. Rücksicht zu nehmen. Diese Elasticität muß jederzeit der druckenden Kraft proportional seyn. Das Mariottische Gesetz findet daher nur bey der absoluten Elasticität statt. Da aber einerley Materie bey ungleis

gleicher Wärme und ungleicher Dichtigkeit, so wie verschiedene Materien von ungleicher Dichtigkeit, dennoch gleich stark drucken können, so heißt diejenige specifisch=elastischer, als die andere, welche bey geringerer Dichtigkeit gleich stark druckt, bey eben derselben Dichtigkeit aber einen größern Druck ausübt.

Vermischte Bemerkungen und Erfindungen.

Was den Einfluß der Wärme auf die Ausdehnung der Luft betrifft, so ließ sich aus Amonton's Versuchen schließen, daß die Elasticität einer und eben derselben Luftmasse, wenn die Dichtigkeit gleich bleibt, durch die Wärme in eben dem Verhältnisse wächst, als die Luft durch die Wärme in einen größern Raum sich ausdehnt. Aus diesem Satze, mit dem Mariottischen Gesetze verbunden, folgt, daß die Elasticität von einerley Menge Luft sich wie das Produkt der Wärme in die Dichtigkeit, oder, welches eben so viel ist, daß sich die specifische Elasticität wie die Wärme verhalte. Herr Lempe [r]) hat gezeigt, wie man diesen Satz durch die Elementarmathematik herleiten könne. Mit Amonton's Erfahrungen kommen die Versuche anderer Naturforscher nicht überein. Allein Herr Lempe sucht diese Abweichungen dadurch zu erklären, daß die Versuche mit eingeschlossener Luft angestellt sind, in welcher die Elasticität der beygemischten Dämpfe nach ganz andern Gesetzen, als in freyer Luft, wirke.

Der Ritter Shukburgh [s]) bestimmt die Ausdehnung des Luftvolumens durch die Wärme für jeden

r) Beytrag zur Aerometrie; in Gren's Journ. d. Phys. B. VII. S. 163.

s) Philosoph. Transact. 1777. P. I. n. 29.

den Fahrenheitschen Grad aus seinen Versuchen auf 2,43 Tausendtheile.

William Roy[t]) fand aus seinen mittelst des Amontonschen Luftthermometers sehr sorgfältig angestellten Versuchen, daß sich die Luft bey den gewöhnlichen Temperaturen (60 bis 70 Grad nach Fahrenh.) für jeden veränderten Grad Wärme um 2,45 Tausendtheile des ganzen Volumens ausdehne. Dieß beträgt 2,69 Tausendtheile desjenigen Volumens, welches die Luft bey der Temperatur des Eispunktes hat.

Kramp[u]) nimmt nach Mayers Bestimmungen der astronomischen Strahlenbrechung an, daß sich die Luft, wenn das Reaumürsche Thermometer auf 10 Grad steht, für jeden durch die Wärme veränderten Grad um $\frac{1}{220}$ des Luftvolumens ausdehne. Nimmt man also bey 10 Grad nach Reaumur die specifische Elasticität der Luft = 220 an, so wird sie beym Eispunkte = 210, beym Siedpunkte = 290 seyn, und sich vom Eispunkte bis zum Siedpunkte um $\frac{80}{210}$ oder um 381 Tausendtheile ausdehnen, welches für jeden Fahrenheitschen Grad 2,117 giebt.

Herr von Saussure[x]) glaubte aus seinen Versuchen annehmen zu dürfen, daß sich die Luft zwischen dem 6. Grad nach Reaumür bis zum 22. in jedem Grade zugenommener Wärme um $\frac{1}{235}$ ihres Volumens ausdehne.

Die Erfahrungen der Herren Vandermonde, Berthollet und Monge[y]) bestimmen die Ausdeh-

t) Philosoph. Transact. 1777. P.I. n.34.
u) Geschichte der Aerostatik. Th.I. S.112.
x) Hygrometrie. §.113.
y) Mémoir. sur la fer; in den Mémoir. de Paris 1786.

dehnung der atmosphärischen Luft durch einen jeden Grad Wärme nach Reaumür auf $\frac{1}{184,8}$ ihres Umfanges, mithin vom Eispunkte bis zum Siedpunkte = 0,4328.

Von allen diesen Angaben weichen die Bestimmungen des Herrn Priestley [z]) beträchtlich ab. Zehn Grad Wärme nach Fahrenh. dehnten nach seinen Versuchen ein Luftvolumen von 13 Maas um 1,32 engl. Cubikzoll, mithin um $\frac{1}{19,2}$ ihres Volumens aus. Auf diese Weise wird die Ausdehnung des ganzen Raums zwischen dem Eis- und Siedpunkte = 0,9375, und für jeden Grad nach Reaumürscher Skale $\frac{1}{85}$.

Durch diese sehr großen Abweichungen der Ausdehnung der Luft durch die Wärme wurden die Herren Morveau und Duvernois veranlaßt, genauere Versuche darüber anzustellen, wovon die Resultate dahin gehen, daß die Ausdehnung der Luftmasse keinesweges gleichförmig erfolge, sondern mit steigender Wärme größer werde [a]). Beym Barometerstande von 26 Zoll $9\frac{1}{2}$ Linien betrug die Vermehrung des anfänglichen Umfanges trockener atmosphärischer Luft

von 0	bis	20°	nach Reaum.	0,0789
- 0	-	40	- -	0,2570
- 0	-	60	- -	0,6574
- 0	-	80	- -	0,9368

Es

z) Experim. and observat. Vol. V. sect. 32.

a) Annales de chemie T. I. 1789. p. 256. und in Grens Journ. d. Phys. B. I. S. 293. f.

Es beträgt also die Ausdehnung der Luftmasse vom Gefrierpunkte bis zum Siedpunkte 0,9368, welches mit Priestley's Angaben übereinstimmend ist. Nach diesen Angaben macht nun die Vermehrung des Umfanges der Luftmasse aus

von 0 bis 20° - - 0,0789 = $\frac{1}{12,67}$

- 20° - 40° - - 0,1781 = $\frac{1}{5,161}$

- 40° - 60° - - 0,4004 = $\frac{1}{2,49}$

- 60° - 80° - - 0,2794 = $\frac{1}{3,57}$

Nach diesen Versuchen wäre also bewiesen, daß die bisherigen Bestimmungen der Luftausdehnung durch die Wärme nichts Zuverlässiges gäben, sondern daß man vielmehr, um etwas Sicheres zu erhalten, die Ausdehnung für jeden Grad Wärme besonders bestimmen müsse. Auch hat de Morveau Versuche über den Einfluß der Wärme auf einige Luftarten angestellt. Das Volumen, beym Eispunkte = 1 gesetzt, ward bis zum Siedpunkte ausgedehnt

bey dephlogistisirter Luft um 5,4767
- phlogistisirter - - 6,9412
- leichter brennbarer - - 1,3912
- Salpeterluft - - 1,6029
- luftsaurem Gas - - 2,0094
- Ammoniakgas - - 6,8009

Da die Resultate der Herren Morveau und Duvernois über die Ausdehnung der Gasarten durch die Wärme von den übrigen um ein Beträchtliches verschieden ausfielen, so vermuthete Herr Prof.

Prof. Schmidt [b]) in Gießen, daß bey ihren Versuchen einige Fehler eingeschlichen seyn möchten. Deßwegen unternahm er es, eigene Versuche darüber anzustellen, aus welchen er folgende Resultate zog.

Ausdehnung	von 0° bis 80° Reaum.	
der atmosphärischen Luft =	0,3574	gleichförmig
des Sauerstoffgas	0,3213	gleichförmig
des Wasserstoffgas	0,4400	sehr nahe gleichförmig
des kohlensauren Gas	0,4352	sehr nahe gleichförmig
des Stickgas	0,4787	sehr nahe gleichförmig

Einige Jahre darauf haben auch die Herren Gay-Lüssac [c]) und Joh. Dalton [d]) zu gleicher Zeit Untersuchungen über diesen noch zweifelhaften Gegenstand angestellt, ohne von Herrn Schmidt's Bemühungen etwas gewußt zu haben. Nach des Erstern Versuchen dehnt sich eine Luftmenge, die bey der Temperatur des schmelzenden Schnees ein Volumen von 100 Theilen einnimmt, bis zur Siedhitze des Wassers erwärmt, aus

von atmosphärischer Luft um		37,5
von Wasserstoffgas	-	37,52
von Sauerstoffgas	-	37,49
von Stickgas	-	37,49 Theile.

Da diese Unterschiede nur bis auf 2 Zehntausendtheile des anfänglichen Gasvolumens steigen, so sind diese nach Gay-Lüssac's Meynung unstreitig bloß zufälligen Umständen zuzuschreiben, und es läßt sich daher hieraus mit Zuverlässigkeit der Satz aufstel-

b) Gren's neues Journ. der Phys. B. IV. S. 370. ff.
c) Annales de chemie. T. XLIII. p. 137. sqq.
d) Memoirs of the Litterary and Philos. society of Manchester. 8. Vol. V. P. II. Lond. 1802. p. 595.

stellen, daß gleiche Volumina dieser vier Gasarten sich bey einer Temperaturerhöhung vom Frost- bis zum Siedpunkte genau gleichviel ausdehnen.

Aus den Versuchen mit den übrigen Gasarten glaubt Gay-Lüssac unwidersprechlich folgern zu dürfen, daß überhaupt alle Gasarten sich durch gleiche Grade von Wärme unter übrigens gleichen Umständen verhältnißmäßig ganz gleich expandiren.

Durch Dalton's Versuche wurde derselbe Satz, den Gay-Lüssac aus seinen Versuchen gefolgert hatte, aufs vollkommenste bestätigt. Dalton bemerkt zugleich, daß dieses Gesetz offenbar beweise, daß die Ausdehnung aller expansiblen Flüssigkeiten, Gasarten sowohl als Dämpfe, lediglich von der Wärme abhange, indeß bey der Ausdehnung fester und tropfbar flüssiger Körper zwey entgegenstrebende Kräfte, die der Wärme und der chemischen Verwandtschaft, ins Spiel kämen, wovon die eine bey einerley Temperatur constante, die andere eine variable nach der Natur des Stoffs sich richtende Kraft ist. Daher die Ungleichheit in der Dilatation dieser letztern Körper.

Das Monometer, welches Otto von Guerike angegeben hatte, hat durch Herrn Fouchy e) eine vollkommenere Einrichtung erhalten. Er schlug vor, diesem Instrumente den Namen Dasymeter zu geben, welches eben so viel heißt, als Dichtigkeitsmaaß. Es besteht aus einem Lineal, ungefähr von der Gestalt eines Wagebalkens. An dem einen

e) Description d'un dasymétre in Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris 1780. p. 73. im Gothaisch. Magazin. B. III. St. 4. S. 93. f.

einen Ende hängt eine sehr dünn geblasene, fest verschlossene und am besten zugeschmolzene Glaskugel von 15 Zoll im Durchmesser. Am andern Ende des Lineals ist in gleicher Entfernung von der Mitte ein bleyernes Gegengewicht angebracht, welches mit der Glaskugel bey mittlerer Dichtigkeit der Luft genau das Gleichgewicht hält. Bey der angenommenen Größe der Glaskugel kann sie etwa 1 Cubikfuß Luft fassen, wovon das Gewicht bey mittlerer Dichtigkeit ohngefähr auf 720 Gran zu schätzen ist. Das Gegengewicht der Glaskugel, welches Herr Fouchy angewendet hatte, betrug 2304 Grän, und ohne die in ihr enthaltene Luft 2304 — 720 = 1584 Grän. Da nun das Gewicht der Luft, welche sich an der Stelle der Kugel befinden konnte, vermöge der Beobachtungen im Winter etwa $\frac{1}{6}$ oder $\frac{720}{6}$ = 120 Grän zu: und im Sommer um eben so viel abnimmt, und diese 120 Grän den 13ten Theil von dem mittleren Gewichte der Kugel (1584 Grän) ausmachen, so wird dieses Gewicht im Winter um $\frac{1}{13}$ ab: und im Sommer um $\frac{1}{13}$ zunehmen. Soll also nun das Gegengewicht mit der Glaskugel beständig das Gleichgewicht halten, so muß im Sommer die Kugel, und im Winter das Gegengewicht dem Ruhepunkte des Lineals um $\frac{1}{13}$ seiner Entfernung näher gebracht werden, oder, welches eben das bewirkt, der Ruhepunkt muß um die Hälfte dieser Größe, mithin um $\frac{1}{26}$ der Entfernung, von den Enden verschoben werden können.

Der Hebel ist hierbey als ein bloß mathematischer angenommen worden; bringt man aber das Gewicht des Lineals selbst mit in Anschlag, so findet man

man die erforderliche Größe der Verschiebung des Ruhepunkts nach dieser Proportion: wie sich verhält das Gewicht der Kugel + dem halben Gewichte des Wagebalkens weniger der halben Veränderung des Gewichts der Luft von der Größe der Kugel zu dieser halben Veränderung des Luftgewichts, eben so verhält sich die halbe Länge des Balkens zu dem Stück, um welches sich der Unterstützungspunkt von der Mitte nach jeder Seite muß verschieben lassen. Hierdurch werden nur die Grenzen der Verschiebung bestimmt; dieses Werkzeug soll aber auch ganz geringe Veränderungen anzeigen, wobey das Gewicht der Kugel z. B. nur um 1 Grän zu- oder abnimmt. Weil aber hierzu das Aufhängen des Balkens nach der gewöhnlichen Art nicht zureichend ist, so giebt Fouchy seinem Wagebalken keine Zapfen, sondern bringt um die Mitte Stücke an, deren untere Fläche, wie der Fuß einer Wiege, gekrümmt ist, damit der Balken darauf hin- und hergehen, und sich allezeit auf den Punkt setzen kann, welcher ihm zur Erhaltung des Gleichgewichts nöthig ist. Die geometrische Verzeichnung dieser Curve, nach welcher die Fläche der Unterlage gebildet werden muß, zeigt Herr Fouchy in der Abhandlung. Die vorhin angegebene Proportion dient ihr zur Grundlage, und hat eine solche Einrichtung, daß die Veränderung des Gewichts und der Dichtigkeit der Luft durch den Neigungswinkel des Balkens, welcher ihnen proportionirt ist, angegeben werden. Durch diese Einrichtung fällt die Friktion gänzlich weg; auch die Vergleichbarkeit solcher Werkzeuge wird durch Verschiedenheit der Größe und des Gewichts der Kugel oder der Länge des Wagebalkens nicht gehindert. Die krumme Linie läßt Fouchy sehr fein poliren, und belegt

belegt die wagrechte Unterlage, worauf sie sich wiegt, mit Spiegelglas, wobey alles so eingerichtet ist, daß der Balken sich nicht über 30° auf jeder Seite neigt.

Weil bey diesem Werkzeuge die Veränderungen der Dichtigkeit der Luft den Neigungswinkeln des Balkens proportional sind, so könnten sie durch einen an den Balken angebrachten Gradbogen gemessen werden; allein hierdurch würden Ungleichheiten in den Gewichten beyder Arme veranlaßt werden, wodurch das Instrument in seinem Gange eine Störung litte. Daher befestigt Fouchy hinter dem bleyernen Gegengewichte eine Skale am Fuße des Instruments in vertikaler Stellung, und giebt derselben, von der Stelle des Gewichts bey wagrechtem Stande des Balkens an auf- und abwärts gerechnet, Theile, welche sich wie die Unterschiede der Sinus für die Winkel von 0° bis 30° verhalten. Diese ungleichen Abtheilungen zeigen gleiche Veränderungen der Neigungswinkel, mithin auch der Dichtigkeit der Luft an, weil die Räume, um welche das Gewicht steigt und sinkt, die Sinus der Neigungswinkel vorstellen.

Oberhalb der Kugel und des Gewichts können an beyden Enden noch ein Paar leichte Wagschalen angebracht werden, um darin halbe oder ganze Grane einzulegen, damit man die Räume, um welche dadurch das Gegengewicht steigt oder sinkt, auf einer besondern Abtheilung der Skale bemerken kann. Diese Abtheilung giebt alsdann sogleich die absoluten Gewichte an, und giebt selbst ein Mittel ab, die Genauigkeit der Krümmung zu prüfen.

Die Empfindlichkeit dieses Werkzeugs beruht auf der Größe der Verrückung des Unterstützungspunkts. Diese hat hier eine solche Bestimmung er-

halten, als es zum Gebrauche bey meteorologischen Beobachtungen nöthig ist. Will man es aber zu andern Absichten gebrauchen, so muß man dazu andere Balken mit andern Verhältnissen der Verrückung des Ruhepunkts, und für jeden solchen Balken eine eigene Skale haben, welche sich statt der vorigen in einen am Fußgestelle befestigten Rahmen einlegen läßt.

Noch eine andere vorzüglich verbesserte Einrichtung des Guerickeschen Monometers hat Herr Prof. Gerstner[f]) unter dem Nahmen einer Luftwage beschrieben. Ihr Gebrauch ist eigentlich zu barometrischen Höhenmessungen bestimmt, und giebt das Gewicht eines Cubikzolls Luft in derjenigen Schicht unmittelbar an, in welcher sie aufgestellt ist. An dem einen Ende eines gleicharmigen und in gleiche Theile abgetheilten Hebels (fig. 38.) oder Wagebalkens acb hängt eine leichte hermetisch verschlossene Glasflasche, und an dem andern ein metallenes Gegengewicht. Die körperlichen Inhalte beyder werden durch hydrostatische Versuche genau bestimmt. Der Unterschied beyder körperlichen Räume sey = δ. Um die Wage bey veränderter Dichtigkeit der Luft ins Gleichgewicht zu bringen, dient das Laufgewicht l, welches einige Grane zu wiegen braucht. Die Wage selbst ist aus gutem trockenen Holze gemacht, und mit einem guten Siegellackfirnisse überzogen. Vermittelst der Wasserwage de wird dieses Instrument in wagrechten Stand gebracht. Zwey Ringe d und e halten diese Wasserwage über der Axe des Instruments, so daß das Laufgewicht l ungehindert darunter weggeschoben werden kann. Wenn diese Luftwage zu

f) Beobachtungen auf den Reisen nach dem Riesengebirge. S. 288. f. S. 298. f.

zu Beobachtungen in der freyen Luft gebraucht wird, so stellt man sie in ein geräumiges hölzernes Gehäuse, dessen beyde Wände vor jeder Beobachtung eine lange Zeit offen stehen, bey der Beobachtung selbst aber verschlossen werden, um die Wirkung des Windes und die natürliche Wärme des Beobachters abzuhalten. Eine jede Abwägung wird jederzeit noch einmal wiederholt, und dabey Flasche und Gegengewicht verwechselt. Finden sich alsdann hiebey die Entfernungen des Laufgewichts bl und am ungleich groß, so wird zwischen beyden das arithmetische Mittel genommen.

Den Werth der Abtheilungen des Wagebalkens bestimmt Herr Gerstner auf folgende Art: er sucht zuerst das Gewicht eines Cubikzolls von demjenigen Quecksilber, womit sein Barometer gefüllt ist. Dieß setze man $= q$. Hierauf mißt er eine mäßige Höhe (von 100 bis 400 Klaftern), und beobachtet einige mal sowohl am obern als untern Endpunkte derselben die Barometerhöhe und den Stand des Laufgewichts auf der Luftwage mit aller Genauigkeit. Man setze nun, die mittlere Entfernung des Laufgewichts vom Gegengewichte an beyden Standorten sey $= \varepsilon$, die gemessene Höhe $= x$, die Barometerhöhe am untern Standorte $= \alpha$, am obern $= \varphi$, so ist das mittlere Gewicht eines Cubikzolls Luft $= \frac{\alpha - \varphi}{x} \cdot q$.

Man setze nun ferner, bey einem andern Zustande der Luft sey der Abstand des Laufgewichts vom Gegengewichte $= \varrho$, die Länge eines Arms der Wage $= \lambda$, und das absolute Gewicht des Laufgewichts $= \pi$, so muß jetzt die Luft in dem Raume

δ nun $\frac{\varrho - \varepsilon}{\lambda} \pi$ mehr wiegen, und das Gewicht eines Cubikzolls Luft $= \gamma$ um $\frac{\varrho - \varepsilon}{\lambda} \cdot \frac{\pi}{\delta}$ größer seyn; mithin ist $\gamma = \frac{\alpha - \varphi}{x} \cdot q + \frac{\varrho - \varepsilon}{\lambda} \cdot \frac{\pi}{\delta}$.

Aus dieser Formel läßt sich eine Tabelle verfertigen, welche das Gewicht der Luft für jeden Stand der Luftwage oder für jedes ϱ anzeigt. Bey Herrn Gerstners Luftwage war

$\delta = 22{,}05$ Cubikzoll $\qquad \varepsilon = 42\frac{2}{3}$ Linien
$q = 4195\frac{1}{4}$ Gran $\qquad x = 350\frac{1}{2}$ Klafter
$\pi = 5\frac{1}{3}$ Gran $\qquad \lambda = 192$ Linien.
$\alpha - \varphi = 24{,}6$ Linien $= \frac{41}{1440}$ Klafter

mithin $\gamma = \frac{41}{1440 \cdot 350\frac{1}{2}} \cdot 4195\frac{1}{4} + \frac{\varrho - 42\frac{2}{3}}{192} \cdot \frac{5\frac{1}{2}}{22{,}05}$

$$= 0{,}287 + \frac{\varrho}{794},$$

woraus man die Werthe für γ findet, wenn man für ϱ nach und nach alle Zahlen von 0 bis 384 (für einen Wagebalken von 384 Linien) setzt.

Eine solche Einrichtung hatte Herrn Gerstners Wage. Am 11ten Aug. 1788 fand er auf der Spitze der Schneekoppe im Riesengebirge den Stand des Luftgewichts oder $\varrho = 19$ Linien, folglich das damalige Gewicht des Cubikzolls Luft $= 0{,}287 + \frac{19}{794}$, d. i. 0,311 Grän. Am Fuße des Berges in Marschendorf war zu gleicher Zeit $\varrho = 48{,}5$ Linien, mithin

hin das Gewicht eines Cubikzolls Luft $= 0,287 + \frac{48,5}{794}$ d. i. 0,348 Grän.

Dieß Werkzeug erhält noch mehr Bequemlichkeit, wenn auf dem Wagebalken selbst die den Abtheilungen zugehörigen Luftgewichte beygeschrieben werden. Dabey läßt sich noch außerdem die Einrichtung so treffen, daß eine jede Abtheilung mit 0,001 Gran Veränderung des Luftgewichts übereinstimmt. Bey Herrn Gerstners Wage, wo der höchste Werth für $\varrho = 384$ Linien ist, mithin γ nicht unter 0,287 und nicht über $0,287 + 0,484$ betragen kann, wäre der Wagebalken in 484 Theile zu theilen, und bey b 287 zu setzen; auf diese Art würden die Theile, bis a fortgezählt, das Luftgewicht unmittelbar in Tausendtheilen des Ganzen angeben. Die Formel zeigt, daß dieß statt findet, so oft $\frac{\pi}{\lambda\delta} = 1000$ ist. Theilt man alsdann λ oder jeden Arm der Wage in 1000 Theile, und giebt dem Laufgewichte l so viel Gran, als der 10te Theil von δ Cubikzoll besitzt, so unterscheidet jede Abtheilung $\frac{1}{1000}$ Gran vom Gewichte eines Cubikzolls Luft. Ist nun der Arm 100 Linien lang, so kann man auch leicht von jeder Linie noch den zehnten Theil unterscheiden, mithin das Laufgewicht bis auf 0,0001 Gran bestimmen, welches für barometrische Höhenmessungen mehr als hinreichend ist. Wenn einmal eine solche Luftwage gehörig abgetheilt ist, so kann jede andere nach ihr graduirt werden, wozu Herr Gerstner umständliche Vorschriften giebt.

In Ansehung der Luftschifferey ist dieser Zeitraum besonders merkwürdig geworden. Als etwa um das Jahr 1766 Cavendish die große Leichtigkeit des brennbaren Gas entdeckt hatte, kam einige Zeit darauf D. Black auf den Gedanken, daß eine dünne Blase mit dieser Luft gefüllt aufsteigen würde, ohne jedoch einen Versuch anzustellen. Im Jahr 1781 fieng Cavallo [g]) an, mit brennbarer Luft Versuche anzustellen; er füllte zuerst Seifenblasen damit, welche nach Wunsche gut in die Höhe stiegen. Er glaubte hieraus schließen zu können, daß man auch Körper von beträchtlichem Gewichte in der Luft erhalten könne, wenn man die entzündbare Luft in eine feste und undurchdringliche Hülle einschlösse, und verfertigte daher aus sehr feinem Papier einen länglichten Sack, 3 bis 4 Fuß weit; sahe aber, daß das entzündbare Gas durch das Papier drang. Hierauf versuchte er, Schweinsblasen mit eben dem Gas zu füllen; es gelang ihm aber nie, sie leicht genug zu machen. Eben so gieng es ihm mit Fischblasen. Nunmehr glaubte er, der Versuch könnte gelingen, wenn man einen Beutel aus zusammengeleimter Goldschlägerhaut verfertigte; allein diesen Versuch hat er nicht ausgeführt. Die eigentlichen Erfinder der Aerostaten waren die Gebrüder Stephan und Joseph Montgolfier im Jahre 1782. Diese beyden Herren, Eigenthümer der Papiermanufakturen zu Annonay in Vivarais, sollen durch folgende Betrachtungen auf diese kühne Erfindung gekommen seyn: sie sahen nämlich den Rauch aus Schornsteinen beständ-

g) The history and practice of aërostation by *Tib. Cavallo* Lond. 1785. 8. p. 34. Geschichte und Praxis der Aerostatik von Tiber. Cavallo. Leipz. 1786. 8. S. 84. f.

ständig in die Höhe steigen, und bedachten dabey zugleich, daß, so wie der Rauch, auch die Dünste mittelst der Wärme in die Atmosphäre aufsteigen, sich daselbst ansammlen und ungeachtet ihrer Schwere als Wolken schwebend erhalten, und durch die Winde mit Leichtigkeit hin und her getrieben würden. Diese Betrachtungen zeigten ihnen wenigstens die Möglichkeit, daß auch specifisch schwerere Körper, als die Luft, durch Wärme in die Atmosphäre gebracht und daselbst schwebend erhalten werden könnten, wenn nur die Hülle, welche die Wärme aufnehme, sie nicht so geschwind wieder fahren lasse.

Der ältere Montgolfier verfertigte sich nun ein Parallelepipedum von Taffent 40 Cubikfuß groß, welches, nachdem es inwendig mit brennendem Papier erhitzt ward, in freyer Luft eine Höhe von ungefähr 70 Fuß erreichte. Dadurch wurden die beyden Brüder Montgolfier veranlaßt, unter andern Versuchen einen Luftball am 5ten Jun. 1783 zu Annonay in Vivarais in die Höhe steigen zu lassen. Dieser Ball war von Leinwand gemacht, die man an Netze von Bindfaden geheftet hatte; besonders aber war er noch mit Papier gefüttert, der Umfang desselben betrug ohngefähr 100 Paris. Fuß. Unten am Boden hatten sie eine Oeffnung gelassen, durch welche die zusammengefaltete Hülle vermittelst eines darunter gemachten Strohfeuers entfaltet wurde. Dadurch schwoll die Hülle auf, und stieg zu einer Höhe von ungefähr 1000 Toisen, blieb 10 Minuten in der Luft, und fiel ganz sanft 7200 Fuß von dem Ort des Aufsteigens zusammengefaltet nieder. Der körperliche Inhalt der Kugel war ungefähr 22000 Cubikfuß. Rechnet man die Luft etwa 800 mal leichter als das

Wasser, so verdrängte der Ball 1560 Pfund atmosphärische Luft. Die innere erhitzte Luft rechneten sie halb so schwer als die äußere, also 780 Pfund; und die ganze Maschine wog 500 Pfund; folglich wog alles zusammen 1280 Pfund. Weil nun der Trieb, in die Höhe zu steigen, 1560 Pfund betrug, so war dieser doch noch um 280 Pfund größer, als die Schwere der ganzen Masse; mithin mußte die Maschine mit einer großen Geschwindigkeit in die Höhe gehen.

Als die Pariser Gelehrten von diesem Montgolfierschen Versuche Nachricht eingezogen hatten, so entschlossen sie sich, ihn ebenfalls nachzuahmen; da sie aber nicht wußten, welches Mittels sich die Gebrüder Montgolfier zur Füllung des Luftballs bedient hatten, so wählten sie hiezu brennbare Luft. Herr Charles, Professor der Physik, und die beyden Mechaniker Robert führten diesen Versuch am 27ten Aug. 1783 aus. Der Luftball war von Taffent und mit Firniß von elastischem Harz überzogen. Der Durchmesser dieses Balls hatte 12 Fuß 2 Zoll und der kubische Inhalt etwa 943 Fuß. Er wog ohne Luft 25 Pfund, und stieg nach der Füllung mit brennbarer Luft auf 488 Toisen. Erst nach $\frac{3}{4}$ Stunden fiel er 5 Stunden weit von Paris sanft nieder. Die Füllung des Luftballs geschahe anfänglich mittelst eines großen Schrankes mit 5 Schiebkästen, die mit Bley ausgefüllt waren, über denen oben ein Rohr hinausgieng, das an dem an der Kugel befindlichen Hahn paßte. Die Schiebkästen füllte man mit Eisenfeile und verdünnter Vitriolsäure an, schloß sie zugleich zu, und schnitt alle Verbindung mit der äußern Luft durch einen Schieber ab. Diese

se Vorrichtung fand man aber unbequem, und setzte binnen 2 Stunden eine bessere an ihre Stelle. Diese bestand aus einem senkrecht aufgestellten Fasse, das oben mit einer Oeffnung versehen war, durch welche man Eisenfeile und geschwächten Vitriolgeist in großer Menge hineingoß, und jedesmal die Oeffnung gleich wieder verstopfte. Auf solche Art gieng die brennbare Luft durch eine kleine Oeffnung zuerst in eine Röhre von Blech, nachher aber durch ein kupfernes mit elastischem Harz überzogenes Rohr, und von da drang sie weiter durch einen an der Mündung der Kugel befindlichen Hahn in das Innere der Kugel. Nach einigen fruchtlosen Versuchen glückte es endlich, daß sich der Ball erhob. Die Aerostaten theilten sich also gleich bey Erfindung derselben in zwey Classen, nämlich in diejenigen, welche mit erhitzter Luft, und in diejenigen, welche mit brennbarer Luft gefüllt wurden.

Der jüngere Montgolfier, welcher nach Paris gereißt war, machte im Septemb. 1783 zwey verschiedene Versuche im Großen, den einen für die Akademie der Wissenschaften, und den andern für den König und die königliche Familie. Der am 19ten Sept. zu Versailles für den König angestellte Versuch war vorzüglich merkwürdig: der Luftball hatte die Gestalt eines Sphäroids, war von Leinwand verfertigt, 57 Fuß hoch, 41 Fuß breit, und wurde mittelst der Verbrennung von 80 Pfund Stroh auf 240 Toisen hoch in die Luft geführt. Mit diesem Balle wurden in einem besondern Käfige ein Hammel, eine Ente und ein Hahn mit in die Höhe genommen. Er blieb 8 Minuten lang in der Luft, und fiel ganz sanft, ohne irgend eine Beschädigung dieser Thiere, 1700 Toisen

sen weit von dem Orte des Aufsteigens nieder. Im Oktob. dieses Jahrs verfertigte dieser Montgolfier abermals einen Luftball, 70 Fuß hoch und 46 Fuß breit. An diesem wurde unten am Boden eine Gallerie von leichtem Holze an Stricken hängend mit dem Luftball verbunden, in welcher man hin und her gehen konnte. Unter der am Boden des Luftballs befindlichen Oeffnung von 15 Fuß im Durchmesser ward eine Gluthpfanne von starkem eisernen Drath angebracht, um auf ihr von der Gallerie aus das Strohfeuer beständig unterhalten zu können. Mit diesem Luftball erhob sich Pilatre de Rozier, der sich auf die Gallerie gestellt hatte. Dieser Pilatre de Rozier war also der erste, welcher die Kühnheit hatte, sich in die Luft zu erheben. Der Ball selbst stieg auf 80 Fuß in die Höhe, indem man ihn mit Stricken zurückhielt. Einige Tage darauf stieg de Rozier wiederum auf, indem der Ball immer durch Stricke gehalten wurde, und machte von der Gallerie aus auf der Gluthpfanne bald stärkeres bald schwächeres Feuer an, um theils höher theils niedriger zu fahren. Nachher wurde de Rozier auf seiner Reise von dem Herrn Giroud de Vilette begleitet, und beyde stiegen zu einer Höhe von 324 Fuß. Nun wagte es auch der Marquis d'Arlandes, mit Rozier eine Luftreise aus dem Schlosse la Muette vorzunehmen, indem die Luftmaschine nicht mehr mit dem Seile zurückgehalten wurde. Sie wurden von dem Winde in der Luft über einen Theil der Stadt und über die Seine geführt, und kamen nach 25 Minuten auf 5000 Toisen weit von dem Schlosse la Muette unbeschädigt wieder zur Erde.

Im December 1783 unternahmen die Herrn Charles und Robert aus Paris eine Luftreise.

Statt

Statt der Gallerie hatten sie unter dem Luftballe ein Schiffchen angehängt, und den Luftball besonders mit einem Ventil versehen, um nöthigen Falls brennbare Luft herauszulassen, wenn sie sich niederlassen wollten. Den größten Versuch dieser Art machte der ältere Montgolfier im Januar 1784. Er und Pilatre de Rozier nebst noch 5 andern Personen bestiegen die Gallerie eines Balls, welcher 126 Fuß hoch und 103 Fuß breit, und mit verdünnter Luft gefüllt war. Diese Luftreise dauerte aber nur 12 Minuten, weil der Luftball einen Riß bekam, und schnell auf die Erde herabsank. Nach dieser Zeit sind hauptsächlich wegen Feuersgefahr die Luftbälle nicht mit erhitzter, sondern mehr nach Charles Methode mit brennbarer Luft gefüllt worden. Nun hatte Pilatre de Rozier den Einfall, eine Luftreise über die Meerenge zu machen, welche Frankreich von England trennt; allein Herr Blanchard kam ihm hierin zuvor, und endigte seine Reise glücklich. Pilatre de Rozier wollte jedoch seinen Gedanken nicht fahren lassen, und stieg mit seinem Freunde Romain mit einem doppelten Luftball, wovon der untere nach Montgolfier's, und der obere nach Charles Art gemacht war, in die Luft. Unglücklicher Weise gerieth die ganze Maschine in Brand, und beyde stürzten von einer ansehnlichen Höhe tod herab. Dieser Fall ward jedoch nicht abschreckend. Blanchard gieng vielmehr nach England und wagte es, nach verschiedenen vorhergegangenen Versuchen, mit dem D. Jefferies aus Amerika eine Luftreise über den Kanal zu machen, welche auch am 7. Jan. 1785 binnen 2 Stunden 32 Minuten glücklich ausgeführt wurde. Nachher begab sich Blanchard nach Deutschland, und stellte an verschiedenen Orten Luftreisen an.

Er

Er erfand vorzüglich den sogenannten Fallschirm, welcher fast wie ein Regen- oder Sonnenschirm gebildet ist. Dieser dient im Nothfalle dazu, um sich mittelst desselben ohne große Gefahr von einer Höhe auf die Erde herabzulassen.

So muthvoll auch die vielfältigen Versuche, mit Aerostaten in die Luft zu steigen, gleich nach Erfindung derselben angestellt wurden, so sank doch endlich dieses Unternehmen so tief herab, daß es zuletzt in gleichem Range mit Gaukelspielen war, bis in den neuesten Zeiten vorzüglich die französische Nation bey dem letztern Kriege einen ernsthaften Gebrauch von den Aerostaten gemacht hat.

Auch sind verschiedene Mittel angegeben worden, die Aerostaten, so wie die Schiffe auf dem Wasser, nach jeder Gegend, nach welcher man hinzufahren gedenkt, zu lenken, und diese Erfindung zu einer wirklichen Luftschifferey zu erheben. Allein alle diese vorgeschlagenen Mittel haben bisher noch kein Genüge geleistet.

Für denjenigen, welcher Lust hat, sich umständlich von den Versuchen der Luftschifferey zu belehren, führe ich noch folgende Schriften an:

Geschichte der Aerostatik, historisch, physisch und mathematisch bearbeitet von H. D. Kramp. Strasburg 1784. 8. Th. II. Anhang zur Geschichte der Aerostatik von D. Kramp. Strasburg 1786. 8. Beschreibung der Versuche mit den aerostatischen Maschinen von Faujas de St. Fond. a. d. Franz. Leipz. 1784. 8. Fortgesetzte Beschreibung der Versuche mit den aerostatischen Maschinen, a. d. Franz. mit Zusätzen des Uebersetzers. Leipz. 1785. 8. Decou-

couverte d'un point d'appui dans l'air à l'usage des machines aerostat. pour naviger contre le vent addressé p. M. D. à M. *Montgolfier.* en France 1784. 8. Le spectateur du Nord und Journal der neuesten Weltbegebenheiten 8tes Heft. Aug. 1797. Altona 8. S. 497.

Bewegung der Luft.

Bisher hatte man geglaubt, daß Halley die beständigen Ostwinde der heißen Zone am richtigsten erklärt habe; allein Herr Hube [h]) hat dieser Erklärung wichtige Gründe entgegengesetzt. Nach ihr, sagt er, hienge der allgemeine Ostwind bloß von dem Unterschiede in der täglichen Wärme des Ortes ab. Dieser Unterschied ist aber in den kalten Ländern noch viel größer, als unter der Linie. Daher müßte sich auch bey uns des Nachmittags die erwärmte westliche Luft erheben, und der kältern östlichen Platz machen. Und wenn auch dieser allgemeine Wind bey uns nicht völlig östlich, sondern nordöstlich wäre, so müßte er doch regelmäßig seyn. Wir bemerken aber dergleichen nicht, und wollte man Ursachen angeben, die diesen regelmäßigen Gang verhinderten, so müßte man zeigen, daß diese Ursachen in der heißen Zone nicht statt finden.

Ferner folgt aus Halley's Erklärung nicht, daß die Bewegung der Luft nach Osten den ganzen Tag daure. Bey Sonnenaufgang ist vielmehr die Luft nach Osten hin warm und leicht, daher müßte sie aufsteigen, und die westliche kalte und schwere dagegen eindringen. Dieser Westwind des Morgens müßte viel stärker seyn, als der Ostwind gegen Abend, weil

h) Ueber die Ausdünstung rc. Leipzig 1790. 8. Cap. 57.

weil die Wärme den ganzen Tag über nie schneller zunimmt, als bey Sonnenaufgang. Allein dergleichen Westwind zeigt sich unter dem Aequator nicht, und bey uns kommen die Winde, die sich bey Sonnenaufgang erheben, ohne Unterschied aus allen Weltgegenden. Daher muß man schließen, der Unterschied in der täglichen Wärme sey nicht vermögend, einen merklichen Wind zu verursachen.

Dieses läßt sich auch leicht einsehen, da dieser Unterschied im Mittel nicht über 9 bis 10 Grade geht, welches zu wenig ist, um den Zusammenhang der Luft zu trennen, wozu noch kömmt, daß die Sonne bey ihrer scheinbaren täglichen Bewegung in 1 Minute Zeit durch das Zenith vieler Meilen geht, und also die Luft auf viele Meilen weit so schnell in einen andern Stand bringt, daß schon die Kürze der Zeit keine Entstehung eines Windes gestattet.

Auch der d'Alembert'schen Erklärung durch die Anziehung des Mondes setzt Herr Hube entgegen: daß eine solche Veränderung der Schwere der Luftsäulen auf den Stand des Barometers Einfluß haben müßte, auch müßte man in der Stärke des allgemeinen Windes Veränderungen wahrnehmen, die sich nach dem Stande und der Entfernung des Mondes richteten, wovon sich doch keine Spur zeige.

Herr Hube selbst leitet den regelmäßigen Ostwind zwischen den Wendekreisen vielmehr von der Umdrehung der Erde her, welche die Punkte des Aequators schneller, als die Stellen der Parallelkreise, fortführt. Die untere Luft muß aus beyden Halbkugeln der Erde beständig nach den Gegenden um die Linie fließen, weil hier die Hitze beständig am größten ist, daher die leichtere Luft erhoben, und unten von beyden

den Seiten her durch schwerere ersetzt wird. Diese zuströmende Luft kömmt also nach und nach über Punkte, die sich immer schneller gegen Osten drehen. Da sie diese Geschwindigkeit nicht augenblicklich mit annehmen kann, so bleibt sie gegen die Oberfläche der Erde nach Westen zurück und verursacht dem Körper, den die Umdrehung schneller durch sie hindurch führt, die Empfindung eines östlichen Windes, der sich nordwärts der Linie in Nordost, südwärts in Südost verändert. Schon Mariotte hat die nämliche Erklärung des beständigen Ostwindes in der heißen Zone gegeben.

Was die Passatwinde oder die so genannten Moussons betrifft, so leitet Herr Hube [i]) die Entstehung derjenigen, welche auf dem Meerbusen zwischen Arabien, Persien und Malabar herrschen, wie auch die auf dem Meerbusen von Bengalen, welche die bekanntesten sind, von den weit ausgedehnten, hohen und bergigten Ländern, die beyde Meerbusen gegen Norden umgeben, her. Diese werden nämlich im Winter viel stärker erkältet, als die angrenzenden Meere, und daher fließt die Luft von ihnen oft mit Ungestüm gegen die Linie, mehrentheils nordöstlich wegen der Drehung der Erde, zuweilen aber auch ganz nördlich, wenn etwa über dem Lande Westwinde herrschen. Im Sommer wird dagegen in jenen Ländern die Hitze zuletzt unerträglich, der Nordostwind hört daher zuletzt völlig auf, und die Luft fängt an von der Linie gegen Norden zu fließen. Diese hat wegen der Drehung der

i) Ueber die Ausdünstung rc. Kap. 61. S. 352. u. f. und Vollständiger und faßlicher Unterricht in der Naturlehre. B. II. 35ster Brief.

der Erde eine immer mehr westliche Richtung, je weiter sie über dem Meere fortgeht, und sie führt, weil alsdann die Regenzeit diesseits der Linie ist, schwere Gewölke mit sich, die sie gegen die Küste von Malabar treibt, wo sie sich an das hohe Gebirge Gate hängen, und in die heftigsten Platzregen ergießen.

Ueber der Küste von Koromandel ist indessen während des Sommers die in den Gebirgen von Dünsten gereinigte westliche Luft heiter. Während des Winters aber wird die Luft von Nordosten her gegen dieselben Gebirge getrieben, und es bilden sich daselbst durch die Kälte, in den kältesten Monaten, dem November, December und Januar, an der westlichen Seite eine Menge schwerer Gewölke, welche nachher mit Westwinden heraufkommen, und auf der Küste Regen und Ungewitter veranlassen. Unterdessen ist der Himmel in Malabar heiter. Dieser Unterschied so naher Länder rührt eben von dem Gebirge Gate her, welches beyde von einander sondert. Im Anfange des Winters erkalten die hohen gatischen Gebirge viel stärker und schneller, als die tiefen Gegenden und das Meer, die Luft an ihnen wird daher schwer, und bewegt sich an der Erde gegen das Meer zu. Auf diese Weise entsteht der Westwind in Koromandel vom November bis Januar, und weil die wärmere nach den Bergen zu fließende Luft sich über dem Lande erheben muß, und dadurch erkältet wird, so schlagen sich aus ihr die Dünste nieder, und verursachen starke und anhaltende Regen.

Nach de la Metherie[k]) ist es vorzüglich die Sonne, welche macht, daß der Luftstrom eher von der

k) Theorie der Erde. a. d. Französ. B. I. Leipz. 1797. S. 197.

der Seite von Afrika, als von dem Meere, das jenseits Indien ist, herkommt; denn in derselben Zeit, da die Sonne in unserm Gesichtskreise ist, erwärmt sie auf eine außerordentliche Art den ganzen Theil von Afrika, der diesseit des Aequators liegt, Aethiopien, Abyssinien, Aegypten u. s. w., und muß demnach die Nordwestwinde hervorbringen; denn die Luft ist daselbst weit dünner, als die, welche über dem indischen Meere ist; sie muß daher von dieser Seite entweichen, so wie sie über dem atlantischen Meere von der Seite des Cap Verd und des Cap des Canaries ihre Stelle verläßt, welcher Umstand Gelegenheit giebt, daß der Ostwind mehr Stärke erhält. Zu derselben Zeit treibt sie die Dünste des rothen Meers, des persischen Meerbusens und selbst einen Theil der Dünste des mittelländischen Meers gegen die Gebirgskette an den Küsten, besonders bey Malabar, und dadurch entstehen starke und anhaltende Regengüsse. Diese Regen kühlen die Luft ab, und verdichten sie noch stärker, so daß der Strom um so mehr genöthigt wird, seine Richtung nach Westen zu nehmen. Die Gipfel der abyssinischen Gebirge, welche mehr nach Osten als nach Westen gekehrt sind, tragen auch etwas zur Richtung des Laufs der Hundstagswinde bey, und diese verschiedenen Ursachen sind es, welche den Westmousson auf dem indischen Meere zur Zeit, wenn wir Sommer haben, hervorbringen. Im Winter finden diese Ursachen nicht statt, der Ostmousson oder der ordentliche Wind erhält daher seine gewöhnliche Richtung wieder, und führt die Regenzeit nach Koromandel hin, weil die Dünste des indianischen Meers verdichtet, und nach der östlichen Kette des Gebirgs Gate getrieben werden.

Herr de Lüc [l]) hat über die regelmäßigen Winde fast dieselben Ursachen angeführt, welche nachher Herr Hube angegeben hat. Diese sind nämlich der jährliche und tägliche Lauf der Sonne, und die Bewegung, welche der Luft durch die Umwälzung der Erde um ihre Axe mitgetheilt wird. Diese letztere nämlich muß derjenigen Luft, welche vom Aequator in die nördlichen Polarkreise übergeführt wird, wo die Umdrehung langsamer erfolgt, eine Richtung nach Osten geben, weil diese Luft die ihr mitgetheilte stärkere Bewegung nach dieser Gegend noch eine Zeitlang beybehält, und dadurch muß sich der Wind, welcher eigentlich Süd seyn sollte, in Südwest verwandeln. Die umgekehrte Ursache muß für uns die Nordwinde in Nordost verwandeln. Da aber die Winde bey weitem nicht das Regelmäßige zeigen, was diese Ursachen allein hervorbringen müßten, so muß es noch andere und wirksamere geben. Nach Herrn de Lüc's Urtheile gehören dahin die Ausdünstung und der Regen, wovon letzterer, wenn er plötzlich entsteht, fast allezeit mit Sturm begleitet ist. Auch hatte schon de Saussüre [m]) beyde zur Erklärung gewisser Winde gebraucht, wobey er glaubte, daß theils die elastischen Dünste bey ihrer plötzlichen Verdichtung zu tropfbarem Wasser leere Räume veranlassen, theils der Regen selbst wieder elastischen Dunst erzeuge, und dadurch eine merkliche Ausdehnung in der Luft verursache. Allein de Lüc zeigt, daß die gewöhnliche Art, Ausdünstung und Regen zu betrachten, zur Erklärung der gewaltsamen Stürme, welche so oft den Gewittern und Platzregen vorhergehen, nicht hinreichend sey.

l) Neue Ideen über die Meteorologie. Th. II. §. 840. f.

m) Essai sur l'hygrometrie. essai IV. §. 283.

sey. Vielmehr sucht er die wahre Ursache dieser gro-
ßen Windstöße in den schnellen Verwandlungen, die
sich in der Atmosphäre zutragen. Wenn die Dünste,
welche sich durch die Ausdünstung in die Atmosphäre
erhoben hatten, eine Zeitlang in selbiger in Luftgestalt
gewesen sind, so werden sie vielleicht plötzlich und mit
großer Zunahme der Volumina wiederum in Was-
serdunst verwandelt, und dieser verdichtet sich nun mit
starker Abnahme des Volumens zu tropfbarem Was-
ser. Aus so starken und schnellen Veränderungen des
Volumens werden die Stürme und Windstöße sehr
begreiflich, welche man bey plötzlicher Bildung der
Wolken und bey Platzregen fast allemal wahrnimmt.
Und wenn nach Herrn de Lüc's Meynung die Wol-
ken keine bestimmten bleibenden Massen, sondern nur
vorübergehende Erscheinungen sind, welche alle Augen-
blicke zerstört und wieder erneuert werden, so er-
klärt sich auch hieraus der Umstand von lang anhal-
tenden Winden.

Nach Herrn Hube sind die vorzüglichsten Ur-
sachen der veränderlichen Winde: die Verschiedenheit in
der Erwärmung durch die Sonne, Ausdünstung und
Elektricität. Wenn die kalte Luft der Pole nach den
wärmern Gegenden fortfließt, so muß sie bald eine
starke Abweichung von Osten nach Westen erhalten,
weil die Geschwindigkeit der Umdrehung der Ober-
fläche der Erde nirgend so ungemein schnell zunimmt,
als nahe an den Polen. Daher sind auf den dorti-
gen Eismeeren die Ostwinde so gewöhnlich. Auch wir
haben im Frühjahr häufig Ostwinde, weil uns nach
Osten zu gebirgige, von großen und offenen Meeren
weit entfernte kalte Länder liegen, die sich spät an
der Sonne erwärmen, und also vorzüglich im Früh-

jahr eine viel kältere Luft zu haben pflegen, als wir. Auf dem mittelländischen Meere herrschen, wegen der hohen Gebirge der syrischen Küste, die Ostwinde nicht allein im Frühlinge, sondern auch im Herbste, weil das Meer seine Hitze nicht so geschwind verliert, als das feste Land; und die südlichen Winde, welche im Winter auf dem rothen Meere so gemein sind, entspringen wahrscheinlich auf den kalten Gebirgen von Abyssinien.

Die Verschiedenheit der Sonnenwärme macht auch, daß oft aus beschatteten Thälern zwischen hohen Bergen, oder aus engen Oeffnungen tiefer Berghöhlen, des Sommers bey Tage Winde herausfahren, die um desto heftiger werden, je mehr die Hitze des Tags zunimmt; gegen die Nacht aber aufhören, weil alsdann die äußere Luft kühler ist, als die eingeschlossene innere. Eben so entstehen, vorzüglich im Sommer, zwischen nahe gelegenen Ländern oft Winde, wenn das eine, entweder weil es dicke Gewölke beschatten, oder häufige Regen erkälten, oder auch aus andern Ursachen von der Sonne viel weniger erwärmt wird, als das andere. Solche Winde legen sich meistentheils des Abends, und fangen am folgenden Morgen wieder an.

Eine andere Art der Winde leitet Hube seinem Systeme gemäß aus starken und schnellen Auflösungen der Dünste von der erstern Art her, wobey die Luft ihr eigenthümliches Gewicht behält, oder wohl gar wegen der Erkältung durch die Auflösung noch schwerer wird, also von unten dahin fließt, wo sie den wenigsten Widerstand findet. So entstehen die Schneewinde, auch Winde aus regnenden Wolken, die über eine heiße, trockene und stille Luft wegziehen, imgleichen

chen nach stillem und starkem Regen, wenn die Wolken sich zertheilen, nicht weniger Winde bey starken und hohen Wasserfällen.

Der merkwürdigste dieser Art ist der schwache Ostwind, welcher sich bey stillem und heiterm Wetter kurz vor Sonnenaufgang zu erheben, eine oder zwey Stunden anzuhalten, und nachher aufzuhören pflegt. Er ist allemal, und vorzüglich im Winter, kalt, in gebirgigten Gegenden häufiger, als in ebenen, und meistentheils bloß auf dem festen Lande zu bemerken. Er entsteht auf folgende Art: die Luft auf dem festen Lande wird nach heitern Tagen während der Nacht in der Tiefe nach und nach viel kälter, als oben; dadurch wird der Unterschied in der Ziehkraft der obern und der untern Luft noch größer, als er außerdem schon seyn würde. Die Dünste also, und die vielen noch nicht ganz aufgelößten Wassertheilchen, mit welchen sich die untere Luft bey einer Ausdünstung der ersten Art bey Tage erfüllt, steigen die Nacht über um desto schneller in die Höhe, und häufen sich daselbst an. Nun werden die Wassertheilchen von den ersten Strahlen der Sonne, noch ehe die Sonne unten aufgeht, getroffen; sie erwärmen sich mit der Luft, in welcher sie hängen; die Ziehkraft der Luft nimmt durch die Wärme und die damit verbundene Ausdehnung zu; sie fängt, weil sie dünn ist, an, die Wassertheilchen auf die erste Art aufzulösen; sie wird dadurch plötzlich aufgelößt, kälter und specifisch schwerer, fällt also herunter mit Wassertheilchen beladen, erkältet die untere Luft, und hat Zeit genug zu fallen, da die Dämmerung bey uns lange dauert. Allein sie fällt nicht gerade herab, sondern mit einer Abweichung gegen Westen, weil nach Osten hin die Atmo-

 sphäre

sphäre unterdessen beständig auf eine größere Tiefe von der Sonne erwärmt und ausgedehnt wird, als gegen Westen. So fängt, wenn in der obern Luft Wassertheilchen genug vorhanden sind, zuletzt ein kalter Ostwind an merklich zu werden, der aber nur ein Paar Stunden nach Sonnenaufgang anhält, weil die untere Luft nach und nach immer wärmer wird; und ein Paar Stunden nach dem Aufgange der Sonne sich schon stärker zu erwärmen und auszudehnen anfängt, als die obere. Dieser schwache, aber kalte Ostwind befördert den Morgenthau, und macht, daß die Kälte kurz vor Sonnenaufgang in der Atmosphäre von oben gegen die Erde herunter zu steigen scheint.

Endlich giebt es noch eine andere Art Winde, welche in allen kalten Ländern sehr gemein sind. Diese lassen sich weder durch Erkältung noch Ausdünstung erklären, weil sie im erstern Falle nie wärmere Luft herbeyführen, im zweyten sich nicht so weit erstrecken könnten. Sie finden sich nie in heißen Ländern, und müssen also eine ganz besondere Ursache haben. Nach Herrn Hube liegt diese bloß in der Elektricität, von der er annimmt, daß sie bisweilen die Elasticität der in der Luft aufgelößten Dünste, jedoch bloß der Dünste der zweyten Art, ansehnlich verstärke.

Der Raum, innerhalb welchem die regelmäßigen Winde weder östlich noch südlich sind, fällt nicht, wie man glauben sollte, in den Aequator selbst, sondern vom 3 bis 5° nördlicher Breite. In dieser schmalen Zone giebt es ohne Unterlaß Windstillen mit häufigem Regen begleitet, auch unregelmäßige und stürmische Winde, mit Blitz und Donner. Der Grund, warum die beyden großen Luftströme nicht im Aequator selbst, als die Mitte beyder Halbkugeln der Erde,

zu-

zusammentreffen, liegt in der ungleichen Anhäufung der Wärme, welche durch den längern Aufenthalt der Sonne in der nördlichen Halbkugel hervorgebracht wird. Aepinus [n]) setzt die Wärme beyder Hemisphären, wie 14 : 13, wobey aber auf die größere Nähe der Sonne im Sommer in den nördlichen Ländern nicht Rücksicht genommen ist. Dagegen zeigt Herr Prevost [o]), wie die Lage des Aequators mit dem Verhältnisse der Wärme zusammenhängt, und findet, das letztere müsse = 11 : 9 seyn, wenn die Grenze vom Aequator 4° entfernt liege.

Um die Stärke der Winde zu messen, sind in diesem Zeitraume mehrere Vorrichtungen angegeben worden. Herr von Dalberg [n]) schlägt einen großen Schirm von Eisenblech vor, welcher durch die Fahne dem Winde immer entgegen gehalten wird. Dieser Schirm bewegt sich unten in Angeln, und oben wird er durch einen Drath, welcher über eine an der Spindel befindliche Rolle hinunter in das Zimmer des Beobachters geht, und ein Gewicht trägt, gegen die Spindel zurückgehalten. Wenn der Windstoß ankömmt, tritt der Schirm nach Verhältniß der Stärke des Stoßes mehr oder weniger aus der vertikalen Stellung, und hebt dadurch das Gewicht im Zimmer. Dieß Gewicht befindet sich an einem Hebel, durch dessen eigene Einrichtung die Stärke des Windstoßes angegeben wird; auch kann zu einer gleichen Absicht eine Wage mit einer Spiralfeder angewandt werden. Dieser Windmesser ist zugleich mit einem Windzeiger und einer Vorrichtung zu Bestimmung der Neigung des

n) Anemométre proposé aux amateurs de météorologie, à Erf. 1781.

des Windes gegen den Horizont verbunden, welche beyde im Zimmer beobachtet werden können.

Herr Oertel o) hatte einige sehr sinnreiche Gedanken zur Einrichtung eines solchen Anemometers. Eine Fahne (fig. 39.) b sitzt auf der stählernen konischen Spitze des eisernen Stabes i innerhalb des Rohrs c, welches oben bey a mit einer dichten Platte von gegossenem Zinn und Kupfer geschlossen ist. Unter der Fahne ist an das Rohr c ein horizontaler Stab befestigt, der mit zwey Lappen e und k von eben dieser Composition zusammengesetzt ist, in welchem sich die Horizontalfahne d mit konischen Spitzen ohne große Friktion auf- und niederbewegen kann. Diese Angelpunkte e und k müssen durch ein leichtes Blech vor dem Regen geschützt werden. Weiter unten wird ein Quadrant von Messing angebracht, der um den Mittelpunkt der Linie ke beschrieben ist, und bey g durch ein Loch der Fahne geräumig durchgeht. Jedes Quadrat dieses Quadranten formirt einen Einschnitt, worin ein an der innern Seite der Fahne d befindlicher Sperrkegel fallen, und sie unter dem Winkel, den ihr die Stärke des Windes giebt, fest halten muß. Da dieser Sperrkegel nur eine sanfte Feder nöthig hat, so kann die daher entstehende Friktion nicht weiter in Betrachtung gezogen werden. So bleibt nun die Horizontalfahne unter dem Winkel, welchen ihr der stärkste Windstoß gegeben hat, so lange stehen, bis sie der Beobachter durch Aushebung des Sperrkegels wieder in die horizontale Stellung bringt. Um nun solchen Einrichtungen eine durchgängige Gleichförmigkeit zu geben, schlägt Oertel vor: man soll sich

o) Gothaisch. Magazin für das Neueste aus der Phys. u. Naturges. B. VI. St. 1. S. 89. f.

sich über das Gewicht der Fahne, und über die Kräfte, welche nöthig sind, sie in der ersten senkrechten Richtung zu bewegen und in der größtmöglichen Höhe zu erhalten, als über allgemein bestimmte Normalgewichte, vergleichen. Dann zeigt er noch Mittel, der Fahne vermittelst eines Gegengewichts f dieses Normalgewicht genau zu geben, und durch eine ähnliche Vorrichtung den Winkel des Windes mit der Horizontalfläche zu messen.

Diesem Gedanken giebt Kästner p) allen Beyfall, bemerkt aber, daß es wohl besser seyn möchte, statt der vorgeschlagenen Normalgrößen das Gewicht, das der Wind an jedem Werkzeuge dieser Art wirklich hält, jedesmal durch Rechnung zu bestimmen, wozu er folgende Formeln mittheilt. Es sey (fig. 40.) ac die Stange, bd ein Durchschnitt der Horizontalfahne oder des Blechs, dessen Schwerpunkt in e, sein Gewicht $= q$, der Winkel cbd, auf welchen es der Wind hebt, $= \alpha$, so wird sich das im Schwerpunkte nach eh treibende Gewicht q in zwey Kräfte zerlegen lassen, die eine nach ed, welche durch die Festigkeit der Stange und des Blechs aufgehalten wird, die andere nach eg, welche das Blech um b zu drehen strebt. Diese letztere wird vom Winde erhalten, und ist $= q \,.\, \sin.\alpha$. Wenn man nun die Stärke des Windes nach dieser Kraft messen will, so wird ein Windstoß, welcher das Blech vom Gewichte q um den Winkel α erhob, ein anderes vom Gewichte p um den Winkel β erheben, dessen Sinus $= \frac{q \,.\, \sin.\alpha}{p}$ ist. Sobald dieser Werth $= 1$ wird, bringt der Wind

p) Gothaisches Magazin für das Neueste aus der Phys. u. Naturg. B. VI. St. 3. S. 84. f.

Wind das Blech in eine völlig horizontale Lage, und wenn er > 1 wird, so hebt er es noch höher, trifft nun seine andere Seite, stößt es also wieder herab, so daß es flattert. Hätte man z. B. beobachtet, ein sehr schwacher Wind hebe ein Blech von 1 Pfund auf 30°, wobey $q . \sin. \alpha = \frac{1}{2}$ wäre, so dürfte man keines von $\frac{1}{2}$ Pfund nehmen, weil dieses von einem nur wenig stärkern Winde flattern würde.

Um aber die Geschwindigkeit des Windes zu bestimmen, muß die Theorie des schiefen Stoßes zu Hülfe genommen werden, nach welcher der Stoß auf die ebene Fläche δ unter dem Winkel ω, wenn die Dichtigkeit der flüssigen Materie $= \gamma$ und die der Geschwindigkeit zugehörige Höhe $= \varepsilon$ gesetzt wird, $= 2 \lambda \varepsilon \gamma \delta . \sin. \omega^2$ ist, wo λ aus Versuchen zu bestimmen ist. Wenn nun der Wind nach fe auf die Fläche bd unter dem Winkel bef $= 90^{\circ} - \alpha$ so stark stößt, daß dadurch nach der Richtung ge das Gewicht $q . \sin. \alpha$ erhalten wird, so hat man

$$q . \sin. \alpha = 2 \lambda \gamma \delta \varepsilon \cos. \omega^2, \text{ und daraus}$$

$$\varepsilon = \frac{q . \sin. \alpha}{2 \lambda \gamma \delta . \cos. \alpha^2}.$$

Es halte z. B. das Blech 1 Quadratfuß Fläche, und wiege 1 Pfund. Die Dichtigkeit der Luft sey $= \frac{7}{80}$ Pfund; das Blech werde um 30 Grad erhoben, daß folglich $\sin. \alpha = \frac{1}{2}$, und $\cos. \alpha^2 = \frac{3}{4}$ ist; so wird, $2 \lambda = 1$ gesetzt, $\varepsilon = 1 . \frac{1}{2} : (\frac{7}{80} . 1 \frac{3}{4}) = \frac{160}{21} = 7 \frac{13}{21}$ Fuß seyn, wofür sich die zugehörige Geschwindigkeit $= 2 \sqrt{g \varepsilon} = 21,82$ Fuß in einer Sekunde findet. Endlich ist die Stärke des Stoßes, welchen der beobachtete Wind nach der Richtung fe auf eine ihm senkrecht entgegengestellte Fläche von gleicher Größe mit

bd

bd ausüben würde $= \frac{q \cdot \sin. \alpha}{\sin. bef^2} = \frac{q \cdot \tang. \alpha}{\cos. \alpha}$.
Herr Kästner glaubt, diese Rechnungen könnten dienen, Herrn Oertel's Vorschlag leichter in Ausübung zu bringen, besonders wenn man nichts weiter als die Stärke des Stoßes, und nicht die Geschwindigkeit verlange.

Mit einem solchen Windmesser, der aus einer vom Winde zu hebenden Platte besteht, verbindet Herr Herrmann q) eine Vorrichtung, durch welche selbst in Abwesenheit des Beobachters mittelst einiger in gewisse Fächer geworfener Würfel 24 Stunden lang von Zeit zu Zeit die Stärke des Windes nach vier verschiedenen Graden bemerkt wird. Alle Viertelstunden z. B. fällt ein Würfel aus, und legt sich in dasjenige Fach, welches der Wind seiner verschiedenen Stärke nach gerade in diesem Augenblicke vor die Oeffnung bringt. Auf dem Würfel ist die Viertelstunde, in welcher er herausfiel, bemerkt u. s. f.

Eine andere Art von Windmesser beschreibt Herr Woltmann r). Allein Herr Parrot s) der jüngere bemerkt, daß diese Einrichtung unmöglich Dienste leisten könne, weil sie auf einer unveränderlichen Richtung des Windes beruhe, so einfach und gut auch sonst seine Idee seyn möge. Um die Kraft des Windes zu messen, müßten wir durchaus zur Kugelgestalt unsere

q) Mechanischer verbesserter Wind- Regen- und Trockenheitsbeobachter. Freyb. und Annab. 1789. 8.

r) Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels, oder zuverlässige Methode, die Geschwindigkeit der Winde und strömenden Gewässer zu beobachten. Hamb. 1790. 4.

s) Voigt's neues Magazin. B. I. St. 2. S. 144. ff.

unsere Zuflucht nehmen, weil jede Andere verschiedene Eindrücke von verschiedenen Richtungen enthält. Zu diesem Ende hat er eine Idee zu einem Stoßmesser angegeben.

Herr Parrot selbst hat auf Veranlassung des Herrn Landriani eine eigene Art von Windmesser angegeben.

Zweytes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre von den schwingenden Bewegungen schallender und klingender Körper.

Schall, Klang, Ton.

Ueber den Unterschied zwischen Klang und Geräusch hatten Rameau und alle diejenigen, welche ihm gefolgt sind, ganz unrichtige Begriffe. Sie betrachten den Klang als etwas sehr zusammengesetztes, und behaupten, daß man dabey außer der mit der Zahl 1 übereinkommenden Hauptschwingung auch andere, die mit der natürlichen Zahlenfolge 2, 3, 4, u. s. w. übereinstimmen, allemal zugleich höre. Diesen Irrthum findet man selbst in Sulzer's Theorie der schönen Künste, in Erxleben's Naturlehre, und in andern Schriften. Schon Bacon hatte vom Klange und Geräusche weit richtigere Begriffe, und la Grange[t]) hat vorzüglich die irrigen Erklärungen mancher Schriftsteller hinreichend widerlegt. Der

t) Recherches sur la nature et la propagation du son. sect. II. §. 64.

Der allgemeinen Meynung zu Folge, daß die Luft das vorzüglichste Mittel sey, den Schall fortzupflanzen, hatte man die Lehre vom Schalle bey der Lehre von der Luft abgehandelt; allein Hr. Chladni [u]) bemerkt, daß andere elastische Körper eben sowohl als die Luft, und manche noch mehr, im Stande seyen zu schallen und den Schall anderer Körper zu verbreiten. Es werde daher schicklicher seyn, diesen Theil der Naturlehre bey der Lehre von der Bewegung abzuhandeln, und zwar zunächst der Lehre von den Pendelschwingungen, mit der sie in naher Beziehung stehe. Ueberhaupt hat die Lehre vom Schalle durch Herrn Chladni's Bemühungen sehr viele Fortschritte gemacht.

Die meisten Schriftsteller hatten bisher die Töne nach den ihnen zukommenden Verhältnissen der Saitenlängen berechnet. Herr Chladni führt aber an, daß es ganz der Natur entgegen sey, wenn man irgend eine Eigenschaft der Saiten als Grund der ganzen Tonlehre ansehen wolle, indem viele andere Arten klingender Körper, welche doch eben sowohl, wie die Saiten, Betrachtungen verdienten, sich nach ganz andern Naturgesetzen richteten. Da nun der Vortrag der Tonlehre für alle klingende Körper, ohne Rücksicht auf ihre besondern Schwingungsgesetze, allgemein geltend seyn müsse, so meynt er, daß man die Töne nicht nach den Saitenlängen, sondern nach den Verhältnissen der Anzahl ihrer Schwingungen betrachten müsse. Ueberhaupt theilt Herr Chladni die ganze Schalllehre in vier Haupttheile ab:

In

u) Hindenburg Archiv der reinen und angewandten Mathematik. Heft I. 1794. S. 127. f. Die Akustik. Leipz. 1802. 4.

In dem ersten Theile betrachtet er die Zeitverhältnisse der schwingenden Bewegungen überhaupt, ohne auf die Eigenschaften und Gestaltveränderungen der zitternden Körper Rücksicht zu nehmen.

Der zweyte Theil enthält die Schwingungsgesetze eines jeden elastischen Körpers.

Der dritte Theil handelt von der Verbreitung des Schalls, und

der vierte Theil von der Empfindung desselben vermittelst der Gehörwerkzeuge.

Da es also bey den Tönen auf die Anzahl der Schwingungen der klingenden Körper ankömmt, so schlägt Herr Chladni ein sehr leichtes und einfaches Mittel vor, die absolute Zahl der Schwingungen bey einem jeden Tone sogleich durch den Augenschein zu bestimmen. Es besteht darin, daß man einem klingenden Körper, der überall eine gleiche Dicke und Consistenz hat, eine solche Lage giebt, daß man die Schwingungen bequem zählen und mit den Schwingungen eines Sekundenpendels vergleichen kann, und ihn nachher so weit abkürzt, daß er mit dem zu untersuchenden Tone im Einklange ist; hierauf aber die Länge, bey welcher er diesen Ton giebt, mit der Länge, bey welcher man eine gewisse Zahl der Schwingungen in einer Sekunde abgezählt hatte, vergleicht. Anfänglich vermuthete er, daß eine Saite sich dazu möchte gebrauchen lassen; allein er fand, daß wegen mancher kreisförmigen Bewegungen, die sich unter die schwingenden Bewegungen der Saiten mengen, wie auch wegen der mancherley Schwingungen der aliquoten Theile, die Hauptschwingung der ganzen Saite sich nicht mit der erforderlichen Genauigkeit beobachten

ließ.

ließ. Daher wählte er einen schmalen, nicht allzudik-
ken, aber hinlänglich langen Stab oder Streifen von
Eisen, Messing oder einem andern hinlänglich ela-
stischen Metalle. Dieser muß so viel als möglich über-
all von gleicher Dicke seyn, daher es gut seyn würde,
ihn vorher durch ein Streckwerk gehen zu lassen. Die
Streifen oder parallelepipedischen Stäbe, deren sich
Chladni bediente, waren etwa 2 Ellen lang, $\frac{1}{2}$ Zoll
breit, und beynahe 1 Linie dick. Die Ursache, war-
um ein solcher Stab mehr Breite als Dicke haben
muß, ist, weil dadurch manche außerdem mitein-
tretende Seiten- oder Kreisbewegungen, welche die
Beobachtungen erschweren würden, vermieden wer-
den. Einen solchen Stab oder Streifen spannt
man in einen ganz unbeweglichen Schraubestock so
weit ein, daß das hervorragende Ende lang genug
bleibt, um so langsame Schwingungen zu machen,
daß man sie nicht hören, desto besser aber mit Hülfe
einer Sekundenuhr, deren Schläge man hört, zäh-
len kann. Die Länge des Stabes, welche erfordert
wird, um die beobachtete Zahl der Schwingungen zu
geben, bemerkt man durch einen Strich. Wenn man
nun wissen will, wie viel Schwingungen ein bestimm-
ter Ton in einer Sekunde macht, so spannt man den
Stab so weit in den Schraubestock ein, daß das her-
vorragende Ende kurz genug ist, um eben denselben
Ton zu geben, worauf man die Zahl der Schwingun-
gen, welche der gegebene Ton in einer Sekunde macht,
durch Vergleichung der Größe des kürzern Theils, wel-
cher diesen Ton gab, mit der Größe des längern Theils,
dessen Schwingungen man gezählt hat, sehr leicht
finden kann. Nur ist hiebey zu bemerken, daß bey
einem Stabe die Töne sich nicht etwa umgekehrt wie
die Längen, sondern wie die umgekehrten Quadrate

der Längen verhalten. Die Sache kann man sich noch mehr erleichtern, und einen solchen Stab als Maaßstab der Schwingungszahlen aller Töne gebrauchen, wenn man ihn im Voraus dazu abtheilt. Hr. Chladni räth an, dem Stabe nur eine solche Länge zu geben, daß er, wenn man ihn nahe am Ende einspannt, in einer Sekunde 4 Schwingungen macht, welche sich sehr bequem und mit aller Genauigkeit zählen lassen. Verkürzt man diesen schwingenden Theil um die Hälfte durch ein neues Einspannen, so wird dieser halb so lange Theil des Stabes in einer Sekunde 16 Schwingungen machen, die man aber weder wird zählen, noch hören können, weil sie zu schnell sind, um gezählt, und zu langsam, um gehört zu werden. Spannt man nun den Stab von neuem so ein, daß von dem Theile, welcher vorher 16 Schwingungen machte, nur die Hälfte hervorragt, so wird diese Hälfte nunmehr 64 Schwingungen in einer Sekunde machen, und man wird schon einen sehr tiefen Ton hören, welcher mit dem Contra c übereinkommt. Die Hälfte dieser Länge wird 256mal in einer Sekunde schwingen, und man wird das ungestrichene c hören. Eben so wird man bey jeder weitern Verkürzung des Stabes um die Hälfte einen Ton erhalten, der um 2 Oktaven höher ist; man wird auch die Zahl der Schwingungen aller dazwischen liegenden Töne sehr leicht finden können, wenn man immer darauf Rücksicht nimmt, daß die Töne sich umgekehrt wie die Quadrate der Längen verhalten, und also der Stab nach den Quadratwurzeln der Tonverhältnisse abgetheilt werden muß. Einen so abgetheilten Stab könnte man füglich Tonmesser oder Tonometer nennen.

Es

Es ist schon im Th. IV. S. 254. angeführt worden, daß die gleichschwebende Temperatur diejenige ist, bey welcher die möglichste Annäherung an die Reinigkeit für alle Consonanzen zugleich erhalten wird. Wie diese gleichschwebende Temperatur geometrisch construirt werden könne, hat Moses Mendelssohn in Marpurg's historisch-kritischen Beyträgen zur Aufnahme der Musik, im 2ten Stücke des 5ten Bandes, gezeigt.

Außer den bisher bekannten Transversalschwingungen, mit welchen sich in den neuern Zeiten besonders Young x) beschäftigt hat, fand Herr Chladni auch Longitudinalschwingungen bey Saiten. Bey diesen geschehen nämlich abwechselnde Zusammenziehungen und Ausdehnungen der ganzen Saite oder ihrer aliquoten Theile nach der Richtung der Länge, so daß diese sich abwechselnd gegen den andern Schwingungsknoten oder festen Punkt stemmen. Bey der einfachsten longitudinalen Schwingungsart bewegt sich die ganze Saite so, wie diese abwechselnden Strebungen nach entgegengesetzten Richtungen die fig. 41. vorstellt. Bey der zweyten Schwingungsart theilt sich die Saite in zwey gleiche Theile, die sich abwechselnd nach dem in der Mitte befindlichen Stemmungspunkte oder Schwingungsknoten, und nach den festen Enden drängen; bey der dritten Schwingungsart theilt sie sich in drey gleiche Theile, die sich abwechselnd gegen die Schwingungsknoten drängen; bey der vierten Schwingungsart theilt sich die Saite in 4 auf diese Art sich bewegende Theile u. s. w. Die Folge von Tönen verhält

x) Enquiry into the principal phaenomena of sounds and musical strings. Dublin. 1784. 8.

hält sich bey diesen und den übrigen longitudinalen Schwingungsarten wie die natürliche Zahlenfolge 1, 2, 3, 4, 5 u. s.; sie stehen also unter einander in eben solchen Verhältnissen, wie bey den Transversaltönen.

Zu Hervorbringung dieser Schwingungsarten muß die Saite innerhalb eines schwingenden Theils mit dem unter einem so spitzigen Winkel wie möglich gehaltenen Violinbogen der Länge nach gestrichen werden; es ist auch eben dasselbe, wenn man sie mit Geigenharz bestreicht, und sie sodann mit einem Stückchen Tuch oder einer andern weichen Materie, oder auch mit dem Finger, wenn man ihn etwas mit Harz bestrichen hat, der Länge nach reibt. Um den tiefsten Ton, wo die ganze Saite der Länge nach schwingt, hervorzubringen, muß das Streichen nicht allzuweit von der Mitte geschehen; aber bey den Schwingungsarten, wo sich die Saite in aliquote Theile theilt, ist es rathsam, irgend einen Schwingungsknoten durch Berührung mit einem Finger oder mit einem andern weichen Körper zu dämpfen; das Streichen wird sodann am besten näher bey einem Ende der Saite oder überhaupt innerhalb eines schwingenden Theils geschehen können.

Die Gesetze, nach welchen sich die Höhe und Tiefe der Töne bey diesen Schwingungsarten richtet, sind ganz anders beschaffen, als bey den Transversalschwingungen. Darin kommen beyde mit einander überein, daß die gleichartigen Töne im umgekehrten Verhältnisse der Längen stehen; sie weichen aber darin ganz von einander ab, daß bey den Longitudinalschwingungen auf die mehrere oder mindere Dicke der Saiten und auf die stärkere oder schwächere Spannung fast

gar

gar nichts ankommt, desto mehr aber auf die Beschaffenheit der Materie; wie denn z. B. bey gleicher Länge der Saiten die Töne einer Messingsaite ungefähr um eine Sexte höher sind, als die Töne einer Darmsaite, und die Töne einer Stahlsaite ungefähr um eine Quarte oder Quinte höher, als die Töne einer Messingsaite. Es läßt sich also kein bestimmtes Verhältniß der Töne zwischen ihnen und den Transversalschwingungen angeben; die Töne sind aber allemal beträchtlich höher, so daß der Unterschied in manchen Fällen mehrere Oktaven betragen kann, weßhalb man sich auch zu den Versuchen sehr langer Saiten bedienen muß.

Wenn man Versuche über diese Schwingungsarten mit Stäben anstellen will, so muß man sich solcher bedienen, die so gerade als möglich, etwas lang, und nicht allzudick sind, weil sonst diese Arten des Klanges, welche überhaupt nicht so leicht, wie die Transversalschwingungen, ansprechen, entweder gar nicht, oder nur mit vieler Schwierigkeit sich würden hervorbringen lassen. Ob die Stäbe cylindrisch, prismatisch, oder flach sind, daran liegt nichts; es wird weiter nichts, als eine gerade und hinreichend lange Strecke von elastischer Materie erfordert. Die Oberfläche muß so glatt als möglich seyn, weil dieses viel zur leichteren Ansprache beyträgt. Um diese Bewegungsarten hervorzubringen, halte man den Stab an einer Stelle, wo ein Schwingungsknoten ist, mit zwey Fingern der einen Hand, und streiche einen schwingenden Theil desselben der Länge nach mit einem zwischen den Fingern der andern Hand gehaltenen Stückchen Tuch, oder einer andern weichen Materie, die, wenn der Stab von Glas ist, mit Wasser benetzt,

 und

und mit einem feinen oder scharfen Sande, oder auch mit geriebenem Bimstein bestreuet wird, wenn aber der Stab von Metall oder Holz ist, trocken bleibt, und mit Geigenharz oder anderm Harzstaube bestrichen wird, da man denn auch vorher auf die Oberfläche des Stabes selbst Harz einreiben kann. Glasstäbe, wozu sich lange Barometer- oder Thermometerröhren gut gebrauchen lassen, sprechen am leichtesten an; bey andern, besonders wenn sie nicht dünn und gerade genug sind, ist öfters ein ziemlich starker Druck nöthig. Sollen die Töne nicht sehr hoch seyn, so muß man sich beträchtlich langer Stäbe bedienen.

Ein Stab kann drey verschiedene Folgen von Longitudinalschwingungen annehmen, nachdem er 1. ganz frey, 2. an einem Ende befestigt und an dem andern frey, 3. an beyden Enden befestigt ist. Wenn ein Stab ganz frey ist, so befindet sich bey der einfachsten longitudinalen Schwingungsart, welche den tiefsten Ton giebt, in der Mitte ein Schwingungsknoten; die Bewegung geschieht abwechselnd von den Enden nach der Mitte, und von der Mitte nach den Enden, so daß der Stab sich abwechselnd verlängert und verkürzt. Diese Bewegungsart läßt sich leicht hervorbringen, wenn der Stab in seiner Mitte gehalten, und nicht allzuweit von einem Ende der Länge nach auf die vorerwähnte Art gerieben wird. Bey der folgenden Bewegungsart, wo der Ton um eine Oktave höher ist, sind zwey Schwingungsknoten vorhanden, die ungefähr um den vierten Theil der Länge des Stabes von den Enden entfernt sind; der Stab wird an einem von diesen beyden Schwingungsknoten gehalten, und entweder zwischen diesen beyden, oder allenfalls näher an dem Ende, als bey der vorigen Bewegungs-

art,

art, gerieben. Bey der dritten Bewegungsart sind drey Schwingungsknoten, einer in der Mitte, die beyden andern in der Entfernung des sechsten Theils von den Enden, der Ton ist wieder um eine Quinte höher, als der zweyte u. s. w. Diese Reihe von Tönen kommt mit der natürlichen Zahlenfolge 1, 2, 3, 4 u. s. w. überein, oder vielmehr, wenn man sie mit der folgenden zusammenstellt, mit den geraden Zahlen 2, 4, 6, 8 u. s. w.

Wenn der Stab an einem Ende in einen Schraubestock eingespannt, oder auf eine andere Art befestigt, und an dem andern frey ist, so verlängert und verkürzt sich bey der einfachsten Bewegungsart der ganze Stab, so daß er abwechselnd nach dem festen Ende und von demselben abwärts strebt. Man streicht ihn der Länge nach in einer nicht allzugroßen Entfernung von dem freyen Ende, ohne ihn sonst irgendwo zu berühren. Der Ton ist um eine Oktave tiefer, als in dem vorigen Falle der tiefste war. Bey dem folgenden Klange ist in der Entfernung des dritten Theils von dem freyen Ende ein Schwingungsknoten, der Ton ist um eine Oktave und eine Quinte höher, als der vorige; bey der dritten Bewegungsart, wo der Ton wieder um eine große Sexte höher ist, sind zwey Schwingungsknoten vorhanden, wovon der äußerste um den fünften Theil der Länge des Stabes von dem freyen Ende entfernt ist, u. s. w.

Wenn der Stab an beyden Enden befestigt ist, welches am besten geschieht, wenn er an seinen Enden in zwey Schraubstöcke gespannt wird, so schwingt bey der einfachsten Bewegungsart der ganze Stab so, daß er sich abwechselnd nach dem einen und nach dem andern festen Ende drängt. Bey der folgenden Be-

wegungsart theilt er sich in zwey Theile, und diese streben abwechselnd nach der Mitte und nach den festen Enden. Der Ton ist um eine Oktave höher, als der vorige. Eben so kann sich auch der Stab in drey Theile, wie auch in vier oder mehrere theilen. Die Tonfolge bey allen diesen Schwingungsarten ist eben=dieselbe, wie in dem ersten Falle, wo der Stab ganz frey ist.

Bey der Vergleichung aller dieser longitudinalen Schwingungsarten findet sich, daß, wenn man einen Theil, der sich an einem freyen Ende befindet, als die Hälfte eines zwischen zwey festen Grenzen enthaltenen Theils ansieht, alle möglichen Töne dieser Art sich umgekehrt wie die Längen der schwingenden Theile verhalten, und im geraden Verhältnisse der Zahlen solcher Halbtheile stehen, in welche sich der Stab eintheilt.

Bey einerley longitudinalen Schwingungsart verhalten sich die Töne mehrerer aus einerley Materie bestehenden Stäbe umgekehrt wie deren Längen. Auf die Dicke der Stäbe kommt gar nichts an. Desto mehr aber kommt die Verschiedenheit der Materie in Betrachtung. Bey mehreren von Herrn Chladni angestellten Versuchen war der Ton eines 2 rheinländ. Fuß langen Stabes, wenn er an beyden Enden frey war, bey der einfachsten longitudinalen Bewegungsart folgender:

Fischbein gab ungefähr - -	3 gestrichen	a
Englisches Zinn - - - -	— —	h
Silber ungefähr 15löthig - -	4 gestrichen	d
Nußbaumholz / Taxusholz - - -	— —	f

Mes=

Messing Eichenholz Pflaumenbaumholz	- -	4 gestrichen	fis
Thönerne Tobackspfeifenstiele	- — —		c bis g
Kupfer beynahe	- - - — —		g
Birnbaumholz Rothbüchen Ahorn	- - - — —		gis bis a
Mahagony (gewöhnliches unächtes) beynahe	- - - — —		b
Ebenholz Weißbüchen Rüstern Erlen Birkenholz	ungefähr - - — —		b
Lindenholz beynahe	- - — —		h
Kirschbaumholz	- - - — —		h
Weidenholz Kiefernholz	- - - - -	5 gestrichen	c
Glas Eisen	ungefähr - - — —		cis
Tannenholz etwas höher als	- — —		cis

Mit einer völligen Genauigkeit ließen sich die Töne nicht wohl bestimmen, weil er öfters an denselben Materien Verschiedenheiten von einem halben Tone fand. Alle diese Töne fester Körper seyen übrigens höher, als der Ton einer eben so langen Luftstrecke in einer offenen Pfeife, welcher ohngefähr das ungestrichene c seyn würde. Der Unterschied aller dieser Longitudinaltöne fester Körper von den weichsten und zähesten bis zu den sprödesten beträgt nur höchstens etwa eine Oktave und eine große Terz, und wenn er Fischbein und Zinn, die wegen ihrer Weichheit und

Zähigkeit nur einen sehr unvollkommenen Klang geben, ausnahm, betrug der Unterschied kaum eine Oktave. Herr Chladni glaubt, daß die Verschiedenheit der Töne von der mindern oder mehreren Sprödigkeit abhange, worunter er hier den Widerstand, welchen die Materie gegen jede Zusammendrückung und Ausdehnung nach der Richtung der Länge äußert, versteht; wahrscheinlich verhielten sich die Töne, wie die Quadratwurzeln dieser Sprödigkeit. Da es aber nicht einerley seyn könne, ob bey einem gewissen Grade der Sprödigkeit, die hier als bewegende Kraft anzusehen sey, viel oder wenig Masse in Bewegung gesetzt werde, so vermuthe er, daß die Schwere der Materie auch zur Bestimmung der Höhe und Tiefe der Töne beytrage, und daß diese auch im umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzeln der Schwere stehen möchten. Wenn also Materien von so verschiedenen specifischen Gewichten, wie z. B. Messing, Eichenholz, und thönerne Tobackspfeifenstiele, wie auch Tannenholz, Eisen und Glas, einerley Ton gäben, so müsse der Grund davon wohl in der so sehr verschiedenen Sprödigkeit dieser Materien liegen, so daß in diesem Falle eine dieser Eigenschaften durch die andere compensirt werde. Seines Erachtens müsse also, wenn n die einer jeden longitudinalen Schwingungsart zukommende Zahl, L die Länge des Stabes, C die Sprödigkeit und G das specifische Gewicht desselben bedeutet, der Ton eines longitudinal schwingenden Stabes seyn $= \frac{n}{L} \sqrt{\frac{C}{G}}$.

Was die Verschiedenheiten der Transversal- und Longitudinalschwingungen betrifft, so stellt sie Herr Chladni in folgender Tabelle zusammen:

Eigen-

Eigenschaften der Transversalschwingungen.	Eigenschaften der Longitudinalschwingungen.
Der Stab wird in die Quere in Bewegung gesetzt.	Der Stab wird nach der Richtung der Länge in Bewegung gesetzt.
Er bildet bey seinen Schwingungen mancherley krumme Linien.	Er zieht sich auf mancherley Art zusammen und dehnt sich aus nach der Richtung der Länge.
Die Töne verhalten sich bey den verschiedenen Schwingungsarten wie die Quadrate gewisser Zahlen, z. B. wie die Quadrate von 3, 5, 7, 9, oder 5, 9, 13, 17 u. f. oder von 1, 2, 3, 4 u. f.	Die Töne verhalten sich bey den verschiedenen Schwingungsarten wie die geraden Zahlen 2, 4, 6, 8 u. f. oder wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7 u. f.
Die Töne verschiedener Stäbe verhalten sich bey einerley Schwingungsart, umgekehrt wie die Quadrate der Längen.	Die Töne verschiedener Stäbe verhalten sich bey einerley Schwingungsart, umgekehrt wie die Längen.
Sie verhalten sich ferner wie die Dicke,	Auf die Dicke kommt gar nichts an, außer daß, wenn der Stab nach einem Ende zu merklich dicker ist, dieses eine kleine Veränderung des Tons verursachen kann.
wie die Quadratwurzeln der Steifigkeit d. i. des Widerstandes gegen Biegung,	Wahrscheinlich verhalten sich die Töne, wie die Quadratwurzeln der Sprödigkeit, d. i. des Widerstandes gegen Verengerungen und Erweiterungen nach der Richtung der Länge.

und

und umgekehrt, wie die Quadratwurzeln der Schwere.	Wahrscheinlich auch umgekehrt, wie die Quadratwurzeln der Schwere.

Außer diesen Longitudinalschwingungen hat Herr Chladni noch andere entdeckt, bey welchen der Stab, oder die Theile, in welche er sich eintheilt, sich abwechselnd rechts und links in einer schraubenförmigen Richtung so bewegen, als ob sie sich um ihre Axe drehen wollten. Diese Schwingungsarten, welche er im Jahr 1799 bekannt machte, lassen sich am besten an cylindrischen Stäben, die eine recht glatte Oberfläche haben, durch ein fast eben solches Reiben, wie bey den Longitudinalschwingungen, hervorbringen, nur mit dem Unterschiede, daß es nicht nach der Richtung der Länge, sondern Links oder Rechts in einer drehenden Richtung geschehen muß, wobey man den Stab an einer Stelle, wo ein Schwingungsknoten ist, mit zwey Fingern halten kann. Bisweilen hat auch Chladni an parallelepipedischen oder vierseitig prismatischen Stäben solche Schwingungen durch Streichen mit dem Violinbogen in einer diagonalen Richtung hervorgebracht.

Die Arten, wie der Stab, er sey ganz frey oder an dem einen Ende befestigt, und an dem andern frey oder an beyden Enden befestigt, sich abtheilen kann, und die in allen diesen Fällen statt findenden Reihen von Tönen, wie auch die übrigen Gesetze, nach welchen sich die Höhe und Tiefe der Töne richtet, sind ganz eben dieselben, wie bey den Longitudinalschwingungen, nur sind beyde darin verschieden, daß der Ton bey einer jeden Art von drehenden Schwingungen um eine Quinte tiefer ist, als bey gleichartigen Longitudinalschwingungen.

Was

Was die merkwürdige Erscheinung der sogenannten Aeolsharfe oder Wetterharfe betrifft, so beruhen ihre Töne vorzüglich auf Transversalschwingungen, ob man gleich vermuthet hat, daß vielleicht Longitudinalschwingungen die Ursache hievon seyn möchten. Gewöhnlich wird Kircher für den Erfinder der Windharfe angegeben. Das Ideal aber, durch ein Saitenspiel, dem Winde ausgesetzt, harmonische Töne hervorzubringen, ist seit Kircher's Zeiten wenig oder gar nicht ausgeführt worden, bis endlich um das Jahr 1780 in England wieder daran gedacht worden ist. Lichtenberg giebt aus William Jones [y]) im Göttingischen Taschenkalender 1789. S. 129. f. folgende Nachricht davon: Pope hatte im Eustathius bemerkt, daß der Wind, wenn er auf gespannte Saiten stößt, harmonische Töne hervorbringe. Dadurch ward ein Schottischer Componist, Oswald, veranlaßt, die Sache zu versuchen, hörte endlich nach vielen vergeblichen Versuchen seine Laute tönen, als sie an die Oeffnung eines nur etwas gelüfteten Aufschiebfensters gelegt war, und zog daraus den Schluß, daß alles auf einen dünnen, aber breiten Luftstrom ankomme. Er spannte also in einem schmalen, etwas hohen und langen Kasten von trockenem Tannenholze, welcher unten einen Resonanzboden hat, über zwey Stege, die nahe an den schmalen Enden einander gegen über liegen, 8 bis 10 Darmsaiten, alle im Einklange nicht allzustraff auf. Eine der breiten Saiten läßt sich aufschieben, so daß man einen dünnen, aber breiten Luftstrom quer auf die Saiten leiten kann. Um diesem den Durchgang

y) Physiological disquisitions or discourses on the natural philosophy of the elements. Lond. 1781. 4.

gang zu verschaffen, kann der obere schmale Boden wie ein Pultdeckel aufgehoben werden, der an beyden Seiten noch Flügel hat. So eingerichtet wird das Instrument mit der Oeffnung am Schieber dem Winde ausgesetzt. Sobald dieser durchzieht, tönt es; die tiefsten Töne sind die des Einklanges, aber so wie sich der Wind mehr erhebt, entspringt eine Mannichfaltigkeit entzückender Töne, die alle Beschreibung übertrifft.

Ferner hatte Herr Hauptmann Haas zu Basel aus seinem Gartenhause 15 Eisendräthe über dem Garten hin nach dem Hofe gespannt, die 320 Fuß lang sind. Sie stehen ungefähr 2 Zoll von einander ab; die dicksten haben 2 Linien im Durchmesser, die mittleren $1\frac{1}{2}$, und die dünnsten sind 1 Linie stark. Sie liegen in der Mittagsfläche, machen mit dem Horizont einen Winkel von 20 bis 30 Grad, und sind durch Walzen mit Stirnrädern und Sperrhaken stark gespannt. Bey jeder Veränderung des Wetters tönen diese Saiten; bald glaubt man den Ton eines Theekessels zu hören, ehe das Wasser darin siedet, bald eine Harmonika, bald ein fernes Geläute, bald eine Orgel. Oft wird das Getöne so stark, daß das Concert im Gartensaale dadurch gestört wird. Herr Haas hat dieser Wirkung wegen der Vorrichtung den Nahmen Wetterharfe gegeben.

Der eigentliche Erfinder dieser ganz eigenen Vorrichtung ist der P. Ventan, Probst zu Brückli unweit Basel. Dieser schoß zuweilen aus dem Fenster nach einer Scheibe, mochte aber nicht nach jedem Schusse zur Scheibe gehen, und hieng sie daher an einem langen Eisendrathe auf, um sie daran herbey und wieder zurückziehen zu können. Nun bemerkte

te er des Nachts, daß dieser Drath zuweilen tönte. Er ward aufmerksamer darauf, und fand, daß jeder Eisendrath, wenn er mit der Mittagslinie parallel gespannt wird, bey jeder Aenderung des Wetters Töne von sich gebe. Messingdrath tönte nicht, eben so wenig Eisendrath von Osten nach Westen ausgespannt.

Lichtenberg sucht die Ursache dieser Erscheinung entweder in der Bewegung der Luft, oder in der Veränderung der Dräthe durch Hitze und Kälte, oder in der verschiedenen Spannung derselben durch Feuchtigkeit, welche auf das Gebäude wirkt, woran sie fest gemacht sind. Alle diese Ursachen können seiner Meynung nach stoßweise wirken. Das regelmäßige Knakken der Ofenplatten und der eisernen Ofenthüren beym Einheizen und Erkalten zeige, daß die Ausdehnungen beym Eisen ruckweise erfolgen, wodurch ein Prallen und ein Ton entstehen könne, welcher bey dem empfindlichern Messinge, dessen Ausdehnung steter sey, nicht statt finde. Vorzüglich müsse man aber die Bewegung der Luft beabsichtigen, welche auch kleine Zweige oder Hälmchen in Schwingungen bringe, mithin auch lange Saiten durch wellenförmige Bewegungen tönen machen könne. Daß von der Spannung von Osten nach Westen kein Ton entstanden sey, beweise noch nichts für einen vermutheten Magnetismus, bis erst ausgemacht sey, ob alle übrige Umstände gleich gewesen, welches kaum zu erwarten stehe.

Herr Young z) stellte neue Untersuchungen über dieß reizende Instrument an, um eine Theorie darüber zu entwerfen. Um alle Ungewißheit in Absicht der Töne

z) An enquiry into the principal phaenomena of sounds and musical strings. Lond. 1784. 8.

Töne zu heben, nahm er alle Saiten bis auf eine einzige ab, und setzte das Instrument in die erforderliche Lage. Er war nicht wenig verwundert, eine Menge verschiedener Töne zu hören, nicht selten solche, die ihm durch einen aliquoten Theil der Saite erzeugt schienen, ja oft von der einzigen Saite Akkorde von 2 oder 3 Tönen, und schon gab er die Hoffnung auf, diese außerordentliche und verwickelte Erscheinung aus den Grundsätzen aliquoter Theile erklären zu können, als sich bey einer genauern Untersuchung zeigte, daß sie sich daraus leicht und natürlich ableiten ließ.

Wenn der Luftzug auf eine gespannte elastische Saite stößt, so bringt der Theil des Zuges, der auf die Mitte der Saite trifft, die ganze Saite aus ihrer geradlinichten Lage; da aber ein gewöhnlicher Luftstrom nicht in gleicher Stärke lange anhält, so wird der Luftzug in der Regel die Saite nicht in der gekrümmten Lage erhalten können, da sie denn vermöge ihrer Elasticität zurückschnellt, und in Schwingungen geräth, wodurch die Luft in solche Pulsationen versetzt wird, um im Ohre den Ton der ganzen Saite hervorzubringen. Ist dagegen der Luftstrom zu stark, als daß die gekrümmte Saite zurückschnellen könnte, so bleibt sie zwar in ihrer bauchigen Lage, gleich dem Takelwerke eines Schiffs bey heftigem Winde, und kann nicht mit ihrer ganzen Länge schwingen; dafür können aber aliquote Theile derselben in Schwingung kommen, und zwar aliquote Theile von verschiedener Länge, je nachdem der Luftzug stärker oder schwächer ist. Denn, indem die Geschwindigkeit des Luftstroms so zunimmt, daß er die Schwingungen der ganzen Saite hemmt, wirken die Lufttheilchen,

chen, welche gegen die Mitte der Hälfte stoßen, gerade so auf die Hälften der Saite, als im Falle der sympathetischen oder mithallenden Töne. Die Schwingungszeit der Hälften ist nur halb so groß, als die der ganzen Saite, daher ein Luftstrom, um ihre Schwingungen zu hindern, nicht mehr Macht hat, als er gegen die ganze Saite haben würde, wenn ihre Spannung 4mal größer wäre, weshalb sie (bey etwas schwellendem und wieder nachlassendem Luftstrome), ungeachtet die ganze Saite gespannt bleibt, stark genug in Schwingung kommen können, um Pulsationen zu erregen, welche das Trommelfell des Ohrs afficiren. Dasselbe gilt von andern aliquoten Theilen der ganzen Saite.

Die Wirkung des Windes, wenn er über Getreidefelder hinfährt, kann dazu dienen, dieses zu erläutern. Ist der Wind so schnell, daß ein zweyter Stoß kömmt, ehe der gebogene Halm sich in die senkrechte Lage zurückbringt; so scheint dieser immerfort gebogen zu seyn. Nimmt aber der Wind an Geschwindigkeit und Stärke ab, so kann der Halm eine Schwingung vollenden, bevor er aufs neue gebogen wird, und so wird er sich beym Stoße des Windes vorwärts und zurück beugen.

Die Lufttheilchen, welche gegen die Saite an Stellen, die nicht in der Mitte aliquoter Theile liegen, stoßen, unterbrechen und verhindern eins die Schwingung, welche das andere erzeugt, gerade wie im Falle der sympathetischen und mithallenden Töne, und haben deshalb keine empfindbare Wirkung. Folgende Beobachtungen können dazu dienen, die Richtigkeit dieser Erklärung zu bestätigen.

1. Der Grundton der Saite war das große F, die aeolischen Töne, die von lauter aliquoten schwingenden Theilen der Saite erzeugt werden, wurden deutlich gehört.

2. Während die Saite einen Ton von sich gab, hielt er gegen die Stelle derselben, welche der Theorie gemäß für jenen Ton ein Schwingungsknoten seyn mußte, irgend ein Hinderniß, und der aeolische Ton wurde dadurch nicht gehemmt, indeß er augenblicklich erlosch, wenn man das Hinderniß oder die Dämpfung an einen andern Punkt der Saite anbrachte; ein offenbarer Beweis, daß beym Aeolstone in der That aliquote Theile der Saite für sich in Schwingung sind.

3. Als er umgekehrt an den Endpunkt eines aliquoten Theils der Saite einen sanften Druck anbrachte, erzeugte der Lufthauch gerade den aeolischen Ton, den jener aliquote Theil angeben mußte; und so ließ es sich vorher bestimmen, welchen Aeolston man hören würde. Doch erfolgte der Ton nicht immer, da der Luftzug bald zu stark, bald zu schwach seyn mochte, um gerade diesen aliquoten Theil der Saite so stark in Schwingungen zu bringen, daß er tönte. Da aber der Druck an der angebrachten Stelle nothwendig einen Schwingungsknoten erzeugt, so kann wenigstens kein anderer Ton, als der des bestimmten aliquoten Theils, oder eines aliquoten Theils dieses aliquoten Theils erfolgen.

4. So wie der Windstoß zu- oder abnimmt, steigt und fällt allmählig der Aeolston, indem ein stärkerer Windstoß die Schwingungen der längern aliquoten Theile hemmt. Dann prädominiren die Schwingungen der kürzern aliquoten Theile, und zwar immer kürzerer, so wie der Windstoß allmählig anwächst.

Ver-

Verändert sich die Stärke des Luftstoßes plötzlich, so gehen auch die tiefern Töne nicht so stufenweise, sondern plötzlich in die höhern Töne kürzerer aliquoter Theile über.

5. Mannichmal hat man einen Accord von 2 oder 3 Aeolstönen zugleich. Dann hat der Lufthauch gerade eine solche Stärke, daß er zwey oder drey in der Länge nicht sehr verschiedene aliquote Theile mit den kürzern aliquoten Theilen zugleich in Schwingungen setzt, die sich dann nicht so stören und gegenseitig aufheben, als wenn die Länge der aliquoten Theile und ihre Schwingungszeit beträchtlich verschieden sind. Nie geben lange Saiten ihren Grundton und die Oktave desselben zugleich an, wovon der Grund unstreitig darin liegt, daß, ungeachtet beyde in der Reihe der harmonischen Töne unmittelbar auf einander folgen, ihre Schwingungszeit doch so verschieden ist, daß ein Luftstrom, der eine Schwingung bewirkt, nothwendig die andern hemmen muß. Ueberhaupt hört man nur bey den höhern aliquoten Theilen der Saite Accorde, und sie kommen desto häufiger vor, je höher der Ton ist, wo diese aliquoten Theile minder von einander verschieden sind.

6. Oefters lassen sich zwar Aeolstöne hören, welche von keinem genauen aliquoten Theile der Saite herrühren; allein sie sind nur schnell vorübergehend, indem sie bis zum nächsten von einem genauen aliquoten Theile erzeugten Tone steigen oder sinken. Sie entstehen beym Uebergange aus einer Eintheilung der Saite in eine andere, indem während desselben die schwingenden Theile der Saite sich allmählig verlängern oder verkürzen. Wenn z. B. der Aeolston den Dritteln der Saite gehört, und der Luftstrom sich

so ändert, daß er die Oktave des Grundtons angiebt, so müssen die Schwingungsknoten allmählig auf der Saite fortrucken, wobey ein sehr allmähliges Sinken des Tons statt findet, bis er sich mit der Oktave des Grundtons endigt.

7. Nicht selten geben im Unisono gestimmte Saiten der Aeolsharfe Misharmonien an. Auch dieses erklärt sich auf dieselbe Art, da durch aliquote Theile einer Saite unendlich viel Discorde entstehen können.

Nach der Meynung des Herrn Hindenburg [a]) ist die Wetterharfe ein Instrument, welches longitudinalschwingungen hervorbringt, und zugleich an Länge und Dicke der Saiten alle andere besaitete Instrumente übertrifft, welche ihre Töne durch Lateralschwingungen hervorbringen. Allein Herr Chladni bemerkt, daß diese Schwingungsart hiebey offenbar nicht statt finde.

Eine andere hieher gehörige merkwürdige Erscheinung, welche auf eine zufällige Art wahrgenommen wurde, führt zuerst Herr de Lüc [b]) an. Man beobachtet nämlich bey den Lampen mit brennbarer Luft, wenn man den Schnabel einer solchen Lampe in das Innere einer langen und engen Glasglocke bringt, einen sehr deutlichen Ton. Uebrigens erklärt er dieses Phänomen für eine Schwingung der Luft in der Glocke, welche durch eine schnelle Folge der Bildung reiner sehr ausgedehnter Dünste und ihrer plötzlichen Zer-

a) Archiv der reinen und angewandten Mathematik. Heft I. 1794. 8. S. 128.

b) Neue Ideen über die Meteorologie. B. I. S. 138. §. 200.

Zerstörung hervorgebracht wird. Er vergleicht es mit dem Singen, das dem Kochen des Wassers vorhergeht, und von Reihen von Dunstblasen erzeugt wird, die sich von dem Boden des Gefäßes erheben und sich inwendig in dem Wasser endigen. Die abwechselnde Bildung und Zerstörung dieser Blasen veranlaßt Stöße des Wassers gegen sich selbst in den kleinen durch die zerstörten Dünste leergelassenen Räume. Diese Reihen sind anfänglich kurz, sehr klein, und die Töne alsdann sehr fein; allmählig aber werden sie dicker und länger, und die Töne tiefer; wenn sie bis zur Oberfläche des Wassers ohne Abnahme an Volumen kommen, so ändert das Geräusch seine Natur, und das Wasser kocht. Auf eine ähnliche Art wird der Ton der Brennluftlampen erzeugt, der also kein Klingen der Glocke ist, sondern zu den Pfeifentönen gehört, und sich eben so, wie diese, modificirt.

Herr Hermstaedt[c]) ward dadurch veranlaßt, den Versuch durch eine Entwickelung des brennbaren Gas anzustellen, welcher nachher von Mehreren widerhohlt worden ist. Nach Herrn Scherer gelingt er am besten auf folgende Art: Man entwickelt brennbare Luft, etwa aus Zink und verdünnter Salzsäure, in einer Entbindungsflasche, die gegen 8 Zoll Höhe hat. Die Mündung der Flasche wird sehr genau mit einem Kork verschlossen, durch welchen vorher eine 4 bis 6 Zoll lange gewöhnliche Barometerröhre, an beyden Enden offen, gesteckt ist. Diese Röhre darf unter dem Korke nur $\frac{1}{2}$ Zoll weit in die Flasche hineinreichen, damit sie nicht von der aufwallenden Flüssigkeit

c) Crells chemische Annalen 1793. B. I. S. 335.

sigkeit erreicht werden könne. Man zündet nun den Strom von brennbarer Luft, der bey der Entwickelung aus der Oeffnung der Barometerröhre hervordringt, mit einem Lichte an. Hiebey ist aber die größte Vorsicht anzuwenden, daß man diesen Strom nicht zu zeitig anzünde, weil er anfänglich noch mit der in der Flasche befindlichen atmosphärischen Luft vermischt herauskommt, und eine Knallluft bildet, deren Entzündung eine gefährliche Explosion verursachen würde. Erst nach einiger Zeit, wenn die brennbare Luft rein entweicht, kann man sie ohne Gefahr anzünden, da sie denn anfangs mit einer lebhaften Flamme, nach und nach aber mit einer schwächern, beym Tageslicht kaum bemerkbaren, brennt. Nun hält man über diese Flamme einen Glascylinder, der am obern Ende verschlossen ist; er kann 2 bis 4 Zoll Durchmesser, und 12 bis 14 auch noch mehr Zoll Höhe haben. Man hört bald einen Ton, der oft sehr laut und durchdringend wird, und verschieden ausfällt, je nachdem man den Cylinder hält, oder ihn tiefer über die Flamme herabbringt. Auch ändert sich der Ton, wenn man die Fingerspitzen in die Oeffnung des Cylinders bringt. Doch müssen die Wände des Cylinders vollkommen trocken seyn. Hält man ihn zu frühzeitig über die Flamme, indem sie noch zu lebhaft brennt, so wird die innere Wand von dem entstehenden Wasserdunst belegt, und man ist nicht mehr im Stande, den Ton hervorzubringen.

Herr Prof. Trommsdorf [d]) las am 3. Dec. 1794 in der Versammlung der Kurmainzischen Akademie nützlich. Wissenschaften in Erfurt eine Abhandlung darüber vor, in welcher er urtheilt, das Phänomen sey

d) Erfurter gelehrte Zeit. 1794. 58. Stück. S. 457. f.

sey noch nicht befriedigend zu erklären. Er bemerkte hiebey, daß die Flamme sich zuspitzt, sobald der Klang entsteht. Eine lange Glocke, oben mit einer Oeffnung, gab verschiedene Töne, je nachdem die Oeffnung zugehalten oder offen gelassen ward. Auch Herr Trommsdorf leitet den Ton aus dem Vacuum her, das immer durch frische Luft ersetzt werde, glaubt aber, da innere Luft und Glas erwärmt, und von der äußern Luft wieder abgekühlt werden, so möge im Glase eine Vibration entstehen. Daß andere Flammen den Ton nicht erzeugen, liege vielleicht an der Luftsäure, die alle Vibration hindere, oder daran, daß die Vibrationen zu stark werden, und die äußere Luft die Spannung nicht aufheben könne, wie bey heißen Glocken, wobey der Versuch auch nicht gelinge.

Herr Chladni bemerkt aber: daß das Gefäß der klingende Körper nicht seyn könne, erhelle schon daher, weil durch Umwickelung und Festhaltung, wie auch durch mehrere und mindere Dicke des Gefäßes, der Klang nicht im mindesten geändert oder vermindert werde. Es geschehe hiebey vielmehr nichts anders, als daß durch die Flamme, und durch die Störung des sich entwickelnden Gas, vielleicht auch durch ein fortdauerndes Einströmen der atmosphärischen Luft von unten (um den leeren Raum zu ersetzen, welcher durch die bey dem Verbrennen geschehende Verwandlung des mit dem Wasserstoffgas sich verbindenden Sauerstoffgas in Wasserdämpfe entsteht), die in dem Gefäße enthaltene Luftsäule der Länge nach in zitternde Bewegung gesetzt wird, welche longitudinale Zitterung der Luft man stark genug fühle, wenn man unter die Oeffnung des Gefäßes einen Finger halte. Es finden hiebey ganz eben dieselben Gesetze statt, wie bey Orgelpfeifen und Blasinstrumen-

 ten,

ten, der Ton ist auch allemal ganz derselbe, als wenn man hineinbläßt. Bey einem an beyden Seiten offenen Gefäße ist der tiefste Ton um eine Oktave höher, als bey einem, welches nur unterwärts offen ist, weshalb man auch an einer Röhre, die an beyden Enden offen ist, durch Verstopfung des obern Endes oder Zuhalten desselben mit der Hand den Ton um eine Oktave erniedrigen kann. Durch Verengerung der untern Oeffnung, z. B. durch Unterhalten eines oder zweyer Finger, läßt sich der Ton etwas erniedrigen. Die Töne verhalten sich übrigens bey einerley Schwingungsart wie die Längen der Röhren oder Gefäße; auf die Weite kommt nichts an. An solchen Röhren, die eine beträchtliche Länge, aber wenig Weite haben, gelang es dem Herrn Chladni einigemal, die zweyte, wie auch einmal, die dritte Schwingungsart hervorzubringen; die mögliche Folge von Tönen verhält sich dabey an Röhren, die nur an einem Ende offen sind, wie die Folge der ungeraden Zahlen, und an solchen, die an beyden Enden offen sind, wie die Folge der geraden Zahlen. An gläsernen Gefäßen ist der Klang gewisser Maaßen der Harmonika ähnlich, daher man auch dieser Vorrichtung den Nahmen chemischer Harmonika gegeben hat; aber an Röhren von Messingblech fand Chladni den Klang weit rauher und schnarrender, so wie überhaupt bey Blasinstrumenten der Klang durch das Mitzittern des Instruments verschiedentlich modificirt wird. Durch eine andere Art von Flamme läßt sich nach Herrn Chladni deßwegen kein Klang hervorbringen, weil außerdem nicht zugleich eine solche Strömung, wie hier bey dem sich entwickelnden Gas, statt findet, und weil auch eine andere Flamme schwerlich so anhaltend ruhig und gleichförmig seyn könne.

Was

Was die Schwingungen gekrümmter Stäbe betrifft, so hat diese ebenfalls Herr Chladni zuerst untersucht. Die Schwingungen einer Gabel, d. i. eines Stabes, welcher in der Mitte so gekrümmt ist, daß seine beyden Schenkel mit einander parallel gehen, sind von den transversalen Schwingungen eines geraden Stabes, dessen beyde Enden frey sind, nicht wesentlich verschieden, und können durch Vergleichung beyder am besten beurtheilt werden. Wenn man einen geraden Stab nach und nach krümmt, so läßt sich der allmählige Uebergang der Schwingungen und Tonverhältnisse desselben zu den Schwingungen und Tonverhältnissen einer Gabel leicht beurtheilen. Durch die Biegung werden nämlich die zwey Schwingungsknoten, zwischen welchen sich die Biegung befindet, einander näher geruckt. Jeder Ton wird dadurch tiefer, als er bey eben der Zahl von Schwingungsknoten an einem geraden Stabe seyn würde, so daß die an geraden Stäben mit den Quadraten der Zahlen 3, 5, 7, 9 u. s. w. übereinkommende Tonfolge in eine ganz andere übergeht. Bey der einfachsten Bewegungsart einer Gabel schwingen beyde Schenkel gegen einander und von einander, so daß sie abwechselnd die Gestalten (fig. 42.) n p g q f und b p h q m annimmt, diese Bewegungsart ist von der ersten Bewegungsart eines geraden an beyden Enden freyen Stabes nicht wesentlich verschieden; nur ist die Axe, auf welche die krumme Schwingungslinie Beziehung hat, verändert, und die beyden Schwingungsknoten p und q sind einander so genähert, daß man sie ohne genauere Aufmerksamkeit fast für Einen Schwingungsknoten halten sollte. Der Ton ist ungefähr um eine kleine Sexte tiefer, als der tiefste Ton ebendesselben Stabes, wenn er gerade und ganz frey ist. Eine Schwin-

gungsart, wo drey Schwingungsknoten sind, nämlich einer in der Mitte, und an jedem Schenkel einer, findet an einer Gabel gar nicht statt. Bey der zweyten Schwingungsart einer Gabel sind vier Schwingungsknoten vorhanden, nämlich in der Mitte zwey sehr nahe bey einander, und an jedem Schenkel einer; der Ton ist um zwey Oktaven und eine übermäßige Quinte höher, als bey der ersten Schwingungsart. Der erste Ton verhält sich nämlich zum zweyten, wie das Quadrat von 2 zum Quadrate von 5, oder wie 4 zu 25; er paßt aber nicht in die Progression der Töne bey den folgenden Schwingungsarten, welche sich, von der zweyten angerechnet, wie die Quadrate der Zahlen 3, 4, 5, 6, 7, u. s. w. verhalten. Bey der dritten Schwingungsart sind fünf Schwingungsknoten, einer in der Mitte, und an jedem Schenkel zwey; der Ton ist um eine kleine Septime 9 : 16 höher, als der zweyte. Bey der vierten Schwingungsart, wo die Höhe des Tons wieder beynahe um eine kleine Sexte zunimmt, sind sechs, bey der fünften, wo der Ton wieder um eine verminderte Quinte höher ist, sind sieben Schwingungsknoten u. s. w. Die Progression von Tönen hat Herr Chladni zur leichtern Uebersicht in folgende Tabelle gebracht:

Zahl der Schwingungsknoten	2	3	4	5	6	7	8
Töne	c	fehlt	$\overline{\overline{\text{gis}}}$	$\overline{\overline{\overline{\text{fis}}}}$	$\overline{\overline{\overline{\overline{\text{d}}}}}$	$\overline{\overline{\overline{\overline{\text{gis}}}}}$	$\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{\text{cis}}}}}}$ +
Zahlen, mit deren Quadraten die Töne übereinkommen	(2)		(5) 3	4	5	6	7

Diese Reihe von Tönen, von der zweyten Schwingungsart angerechnet, ist dieselbe, als von der dritten Schwingungsart eines solchen Stabes angerechnet, der gerade und an beyden Enden angestemmt wäre.

wäre. Auch sind die Töne bey den Schwingungsarten, wo in der Mitte zwey Schwingungsknoten sehr nahe bey einander sind, eben dieselben, wie die Töne eines an dem einen Ende befestigten Stabes, nur um zwey Oktaven höher; die Ursache liegt nach Herrn Chladni darin, daß bey diesen Schwingungsarten beyde Schenkel der Gabel sich so gegen einander stemmen, daß jeder eben so schwingt, wie ein gerader Stab, dessen eines Ende befestigt ist.

Zu Versuchen schicken sich parallelepipedische Stäbe, nämlich schmale Streifen von Eisen oder Messing, denen man die gehörige Biegung gegeben hat, am besten; die verschiedenen Schwingungsarten lassen sich leicht durch Streichen mit dem Violinbogen am Ende eines Schenkels, wobey man die Gabel an einem ihrer äußersten Schwingungsknoten locker zwischen zwey Fingerspitzen hält, hervorbringen; die Schwingungsknoten kann man durch aufgestreueten Sand, welcher auf denselben ruhig bleibt, und von andern Stellen durch die Schwingungen herabgeworfen wird, sichtbar machen.

Euler (Th. IV. S. 257.) hatte behauptet, daß die Töne eines Ringes in den Verhältnissen 1, $\sqrt{6}$, $\sqrt{50}$, $\sqrt{105}$, $\sqrt{196}$ u. s. stehen sollen. Am Ende seiner Abhandlung: investigatio motuum, quibus laminae et virgae elasticae contrimescunt, in Actis Acad. Petrop. pro an. 1779. giebt er die Quadrate 1, 2, 3, 4. u. s. w. als die Tonfolge eines elastischen Ringes an, welches auch Golvolin [e]) zu bestätigen gesucht hat. Allein Herr Chladni bemerkt, daß diese Behauptungen mit der Erfahrung nicht zusammenstimmen.

e) Acta Acad. Petrop. pro ann. 1781. P. II.

men. Er hat auch hier zuerst gezeigt, daß sich ein Ring bey seinen Schwingungen in 4, 6, 8, 10 oder mehrere gleiche Theile eintheilt, und daß sich die Töne, deren er fähig ist, wie die Quadrate von 3, 5, 7, 9 u. s. w. verhalten. Zu Versuchen kann man einen etwas starken Messingdrath, der an seinen Enden mit Schlagloth sauber zusammengelöthet ist, am besten gebrauchen. Um jede verlangte Bewegungsart hervorzubringen, legt man den Ring an drey Stellen, wo Schwingungsknoten sind, auf etwas zusammengedrehtes Papier, oder starken Bindfaden, oder auf andere nicht allzuharte Unterlagen, drückt ihn, damit er sich nicht verrucke, an solchen Stellen mit den Fingern, aber nicht allzustark, auf die Unterlagen, und streicht mit dem Violinbogen die Mitte eines schwingenden Theils. Die Schwingungen werden weit leichter hervorgebracht werden können, wenn der Ring bey der hier angegebenen horizontalen Lage mit dem Violinbogen senkrecht gestrichen wird, so daß die Schwingungen auf- und niedergehen, als wenn man ihn in der Richtung seines Durchmessers streicht, weil wegen der gewölbten Gestalt des Ringes jeder Theil von außen nach innen sich so gegen die andern stemmt, daß die schwingenden Bewegungen nach dieser Richtung dadurch erschwert werden, weßhalb auch, wenn man durch ein stärkeres Streichen eine Bewegung nach dieser Richtung erzwingt, die Töne etwas rauher und höher ausfallen, als wenn man senkrecht streicht. Um den Ring gehörig senkrecht streichen zu können, wird es am besten seyn, wenn man ihn auf einen Tisch auf seine Unterlagen so legt, daß der schwingende Theil, den man streichen will, etwas über den Rand des Tisches hervorragt.

Ein

Ein Ring, dessen tiefster Ton das ungestrichene c ist, wird bey seinen übrigen Schwingungsarten folgende Töne geben:

Zahl der Schwingungsknoten	4	6	8		10		12	14	
Töne	c	fis'	fis''	—	dis'''	—	a'''	dis''''	
Zahlen, mit deren Quadraten die Töne übereinkommen	3	5	7		9		11	10	u. s. w.

Alles dieß hier angeführte ist eigentlich nur von Ringen, deren Dicke und Breite nicht sehr beträchtlich von einander verschieden ist, zu verstehen. Ein Ring, der in der Richtung seines Durchmessers beträchtlich ausgedehnt, und nach der andern dünn ist, würde mehr als eine runde in der Mitte durchlöcherte Scheibe, und ein Ring, der nach der Richtung seines Durchmessers nur dünn, und nach der diesem rechtwinklicht entgegengesetzten Richtung beträchtlich ausgedehnt ist, würde als Röhre angesehen werden können.

Außer diesen bisher angeführten Erfindungen hat Herr Chladni noch weit mehrere Entdeckungen in der Lehre vom Schalle gemacht, und dadurch zugleich die alte Meynung widerlegt, daß das Wesen des Klanges in den Schwingungen der kleinsten Theile des klingenden Körpers bestehe. Schon im Jahr 1787. hatte er Mittel aufgefunden, die Schwingungsbewegungen bey klingenden Flächen auch sichtbar zu machen, und die ruhenden Stellen durch Klangfiguren darzustellen [f]). Hiebey kommen nicht krumme Schwingungslinien, sondern krumme Flächen, die nach mehr als Einer Richtung auf verschiedene Art gekrümmt sind,

f) Entdeckungen üb. die Theorie des Klanges. Leipz. 1787. 4.

sind, vor, bey welchen die auf entgegengesetzten Seiten der Axe befindlichen Theile nicht durch feste Punkte, sondern durch feste Linien, welche man auch Knotenlinien nennen kann, von einander abgesondert sind. Zur deutlichen Darstellung einer jeden Schwingungsart, deren eine Scheibe fähig ist, wird erfordert, daß man eine oder mehrere Stellen, die in Ruhe bleiben, mit den Fingern oder auf eine andere Art hält, den Rand der Scheibe an einer Stelle, wo ungefähr die Mitte eines schwingenden Theils ist, mit dem Violinbogen rechtwinklicht streicht, und wenn man verlangt, daß die Knotenlinien sichtbar werden sollen, auf die horizontal gehaltene Oberfläche der Scheibe etwas Sand streuet, welcher von den schwingenden Theilen weggeworfen wird, auf den festen Linien aber ruhig bleibt, und sich anhäuft. Man kann sich gläserner oder metallener Scheiben bedienen. Gläserne Scheiben zieht Herr Chladni deßwegen vor, weil man sie leichter von gleichförmiger Dicke haben kann, als Scheiben von Messing oder einem andern Metalle, und weil man auch wegen ihrer Durchsichtigkeit besser bestimmen kann, wo man etwa noch unterwärts irgend eine Stelle mit dem Finger berühren könne. Dünnere Scheiben sind besser zu gebrauchen, als dickere, weil auf den dünnern sich mehrere Schwingungsarten mit Leichtigkeit hervorbringen lassen. Geschliffenes Glas hat er nicht besser als gewöhnliches Fensterscheibenglas gefunden, weil an geschliffenem Glase zwar jede Oberfläche eben ist, aber beyde Oberflächen selten genau mit einander parallel sind. Die Schärfen des Randes müssen mit einer Feile oder auf andere Art abgestumpft werden, damit die Haare des Bogens nicht zerschnitten oder abgerieben werden. Die Größe der Scheiben ist willkührlich; die kleinsten können

etwa

etwa 3 Zoll im Durchmesser seyn, die größten, deren sich Chladni bediente, waren etwas über 1 Dresdener Elle im Durchmesser. Kleinere Scheiben sind zu den einfachern Schwingungsarten besser zu gebrauchen; an größern aber kann man bey gehöriger Uebung die Hervorbringung der verwickeltern Schwingungsarten weiter treiben. Die Stellen, wo man bey jeder Schwingungsart halten und streichen muß, lassen sich am besten durch ein richtiges Augenmaaß bestimmen; eine genaue Abmessung der Scheibe wird nicht leicht von Nutzen seyn, weil eine Scheibe doch selten an allen Stellen eine so gleichförmige Dicke und Elasticität haben möchte, daß eine solche Abmessung ganz genau zutreffen sollte. Hat man die Stelle, wo gehalten werden muß, nicht genau genug getroffen, so wird man, wenn die Klangfigur etwas unvollkommen erscheint, durch eine kleine Verrückung der Figur leicht etwas nachhelfen können. Hat man etwa zufällig eine Figur erhalten, die man für interessant hält, und gern ein anderesmal wieder erhalten möchte, so ist es rathsam, die Stellen, wo man gehalten oder gestrichen hat, auf irgend eine Art zu bezeichnen. Die Haltung der Scheibe geschieht am besten mit dem Daumen und dem zweyten Finger, und zwar, so viel als möglich, nur mit den äußersten Spitzen dieser Finger, weil die festen Linien sehr schmal sind, und also bey einer Haltung mit mehrerer Fläche der Finger die Schwingungen der benachbarten Theile zu sehr würden gehindert werden. Die Scheibe darf auch nicht etwa an die innere Fläche der Hand anstoßen. Wenn die gehaltene Stelle eine bey mehreren Schwingungsarten unbewegliche Stelle ist, wird es nöthig seyn, zu Verhütung einer Beymischung anderer Schwingungsarten außer der gehaltenen Stelle noch

noch eine andere Stelle, die nur bey der verlangten Schwingungsart, nicht aber bey den andern in Ruhe bleiben kann, unterwärts mit einem Finger zu berühren. Sonst kann man auch die Scheibe auf ein Stückchen Kork, oder zusammengedrehtes Papier, oder auf eine andere nicht allzuharte Unterlage legen, mit einem Finger schwach aufdrücken, und sie etwa noch an einer schicklichen Stelle mit der Spitze des Daumen berühren, damit sie sich bey dem Streichen nicht verrücke. Zu dem Streichen wird einige Festigkeit der Hand erfordert. Der Bogen darf nämlich nicht etwa von einer Stelle zur andern wanken, sondern er muß genau an einer Stelle auf- oder abgehen. Da bisweilen mehrere Schwingungsarten einerley Stellen, wo man halten und wo man streichen muß, mit einander gemein haben, so muß man genau bemerken, welchen Ton die verlangte Bewegungsart giebt, und bey Erscheinung eines andern Tons sogleich mit dem Streichen innehalten; sobald man aber den rechten Klang hört, diesen durch ein Anwachsen des Bogenstrichs verstärken. Gewöhnlich werden Bewegungsarten, welche tiefere Töne geben, leichter durch einen langsamern und stärkern, die aber höhere Töne geben, leichter durch einen schnellern und schwächern Bogenstrich sich hervorbringen lassen. Zu dem Aufstreuen läßt sich gewöhnlicher Sand gebrauchen; aber jede andere körnige Materie würde auch eben dieselbe Wirkung thun. Die Figuren erscheinen, sobald ein Klang hörbar ist; sie werden deutlicher, wenn vorher die feinsten Theile des Sandes entweder durch Schlemmen mit Wasser, oder dadurch, daß man den Sand mehrere mal etwas hoch herabfallen läßt, weggeschafft worden sind, weil diese sich sonst allzusehr an die Oberfläche des Glases anhängen. Jedoch wird

auch

auch die Anwesenheit einiger feinen Staubtheile nützlich seyn können, um die Mittelpunkte der Schwingungen, d. i. die Stellen, wo die Schwingungen am größten sind, sichtbar zu machen, weil an diesen der feinste Staub sich anhäuft. Wenn an einer Stelle der Scheibe zu viel und an der andern zu wenig Sand sich befindet, so kann man dadurch, daß man die Scheibe etwas nach der andern Seite neigt, eine gleichförmigere Vertheilung des Sandes bewirken.

Zwey schwingende Theile, die durch eine feste Linie von einander getrennt sind, schwingen allemal abwechselnd nach entgegengesetzten Richtungen, so daß ein Theil sich über seiner ursprünglichen Lage befindet, während der benachbarte unter derselben ist. Da überhaupt an jedem klingenden Körper nur solche schwingende Bewegungen möglich sind, bey welchen die Theile, in welche er sich eintheilt, ein solches Verhältniß der Größe gegen einander haben, als erforderlich ist, um in gleicher Geschwindigkeit schwingen zu können, so folgt, daß die Gestalt und die Lage der festen Linien allemal so regelmäßig erscheinen müssen, als es die Gestalt und die übrige Beschaffenheit der Scheibe zuläßt. Schwingende Theile, die sich am Rande der Scheibe befinden, sind allemal weit kleiner, als solche, welche zwischen festen Linien eingeschlossen sind. Die festen Linien können in mancherley geraden und krummen Richtungen von einer Stelle des Randes bis zur andern durch die Scheibe hindurchgehen, aber niemals innerhalb der Scheibe sich endigen, sie können auch auf mannichfaltige Art so gekrümmt seyn, daß sie innerhalb der Scheibe in sich selbst übergehen. Die Gestalt solcher krummen Knotenlinien ist öfters einer Hyperbel, Cykloide, oder Epi-

cykloide sehr ähnlich. Bey zwey oder mehreren schlangenförmigen Linien pflegen die Krümmungen sich einander abwechselnd zu nähern und von einander zu entfernen, bisweilen geschieht dieses auch bey schlangenförmigen Linien, zwischen denen sich eine gerade Linie findet. Diejenigen Stellen, wo die Excursionen der schwingenden Theile am größten sind, und welche als die Mittelpunkte der Schwingungen angesehen werden können, lassen sich ebenfalls sichtbar machen, wenn unter dem Sande ganz feiner Staub befindlich ist, welcher sich zum Theil daselbst anhäuft. Diese Stellen zeigen sich in schwingenden Theilen, die nach verschiedenen Richtungen keine sehr verschiedene Ausdehnung haben, meistens ziemlich rund, in solchen schwingenden Theilen, welche nach einer Richtung weit mehr als nach der andern ausgedehnt sind, erscheinen sie mehr in die Länge gezogen, und in solchen Theilen, die sich am Rande befinden, sind diese Stellen nicht unmittelbar am Rande, sondern ziemlich nahe dabey.

Eine jede Bewegungsart ist mannichfaltiger Abänderungen fähig, welche bisweilen durch Unregelmäßigkeiten der Scheibe veranlaßt werden, öfters aber auch durch eine kleine Verrückung der Stellen, wo man die Scheibe hält und streicht, absichtlich bewirkt werden können. Wenn die Gestalten der festen Linien dadurch noch so sehr verzerrt sind, so verursacht doch dieses wenig oder gar keine Aenderung des Tons, weil dabey jeder schwingende Theil, der an einer Stelle etwas verliert, an der andern einen Zuwachs bekommt, so daß also die verhältnißmäßige Größe der Theile, und mithin auch die Geschwindigkeit ihrer Schwingungen dadurch nicht verändert wird. Bey solchen

Abänderungen oder Verzerrungen der Klangfiguren können zwey einander durchschneidende Linien oder Theile von solchen Linien (fig. 43. c) sich in ihrem Durchschnittspunkte trennen, und auf zwey verschiedene Arten mit einander verbinden, so daß sie sich als zwey krumme Linien, wie fig. 43. b und d, zeigen, die Krümmungen können auch noch flacher, und die Linien endlich gerade und ganz mit einander parallel werden, wie fig. 43. a und e zeigt; eben so können auch zwey nach der einen oder nach der andern Richtung mit einander parallel gehende Linien oder Theile von Linien fig. 43. a und e sich wie fig. 43. b und d krümmen, und wenn die Krümmung noch stärker wird, endlich wie bey fig. 43. c einander rechtwinklicht durchschneiden. Man kann daher fig. 43. a, b, c, d und e, welche die eigentlichen Grundzüge der Abänderungen sind, als gleichartig ansehen, es läßt sich auch öfters durch Verrückung der Finger ein allmähliger Uebergang von einer dieser Gestalten zur andern bewirken. Eben so sind auch am Rande einer Scheibe zwey schief gegen einander laufende Enden von Linien, oder ein Stück einer krummen Linie, oder ein Stück einer geraden Linie gleichbedeutend, und können sich in einander umändern.

Zur möglichen Construktion der Schwingungen einer Scheibe aus allgemeinen mechanischen Principien bemerkt Herr Chladni, daß der erste Schritt wohl darin bestehen möchte, daß man für diesen Uebergang einer einfachen Bewegung einer Rectangelscheibe, oder überhaupt eines Theils einer Scheibe, wo die Linien gerade sind, und wo man sich die Scheibe, oder den also schwingenden Theil einer Scheibe als ein Aggregat von unendlich vielen Fasern gedenken könne, die

mit einander parallel gehen, und sich so wie ein freyer Stab bey seiner ersten Schwingungsart bewegen, zu solchen nicht mehr durch krumme Linien, sondern durch Flächenkrümmungen auszudrückenden Bewegungen, wo die Knotenlinien sich mehr oder weniger krümmen, oder sich auch rechtwinklicht durchschneiden können, wobey jedoch die schwingenden Theile einerley relative Größe behalten, und also die Geschwindigkeit der Schwingungen nicht verändert wird, einen allgemeinen Ausdruck zu finden suche. Hätte man diesen gefunden, so müßte man ihn auf zusammengesetztere Bewegungsarten anzuwenden, und endlich auch zu bestimmen suchen, was für Einfluß überhaupt die Gestalt der Scheibe auf die Beschaffenheit der Schwingungen habe. Es müßte auch bey solchen Untersuchungen darauf Rücksicht genommen werden, in welcher Lage, und in welcher Gestalt sich die Mittelpunkte der Schwingungen zeigen.

Jacob Bernoulli [g]) hatte sich gleich nach der Bekanntmachung der Endeckungen des Herrn Chladni bemüht, die Schwingungen einer Quadratscheibe durch Theorie zu bestimmen. Er stellt sich nämlich die Quadratscheibe als ein netzförmiges Gewebe von Fasern vor, die einander rechtwinklicht durchkreuzen. Allein Herr Chladni führt an, daß diese Vorstellungsart nicht brauchbar zu seyn scheine, wie sie denn auch Resultate gegeben habe, welche mit der Erfahrung nicht zusammenstimmen.

An Scheiben, die einander ähnlich sind, und aus einerley Materie bestehen, verhalten sich die Töne bey einerley Schwingungsart wie die Dicken, und um-

g) Nov. Act. Acad. Petrop. pro an. 1787.

umgekehrt wie die Quadrate der Durchmesser. An Scheiben, die nicht aus einerley Materie bestehen, verhalten sich die Töne, wie die Quadratwurzeln der Steifigkeit, und umgekehrt wie die Quadratwurzeln der specifischen Gewichte.

Was die Rectangelscheibe betrifft, so ist sie in folgenden drey Fällen anderer Progressionen und Schwingungsarten fähig:

1. wenn sie ganz frey ist,

2. wenn sie an einem Ende befestigt, und am andern frey ist, und

3. wenn sie an beyden Enden befestigt ist.

An einer ganz freyen Rectangelscheibe kommen die einfachern Schwingungsarten mit denen überein, deren ein frey schwingender Stab fähig ist. Bey der einfachsten Schwingungsart, wo jede Faser schwingt, zeigen sich bey dem Aufstreuen des Sandes zwey nach einerley Richtung gehende, und von den Enden fast um den vierten Theil der Länge der Scheibe entfernte Linien. Bey der zweyten Schwingungsart zeigen sich drey nach einerley Richtung gehende Knotenlinien, von denen die äußersten fast um den 6ten Theil der Länge der Scheibe von den Enden entfernt sind; eben so kann sich auch die Scheibe in mehrere Theile eintheilen, so daß sich 4, 5, oder mehrere Knotenlinien zeigen, von denen die äußersten allemal nur beynahe halb so weit, als die Länge eines zwischen zwey Knotenlinien befindlichen schwingenden Theils beträgt, von den Enden der Scheibe entfernt sind. Die Tonverhältnisse sind eben dieselben, wie bey einem an beyden Enden freyen Stabe, und kommen ebenfalls mit den Quadraten von 3, 5, 7, 9 u. s. w. überein, die Breite sey so be-

trächtlich, oder so geringe, als man wolle. Zu Hervorbringung dieser Schwingungsarten wird es am besten seyn, wenn man die Scheibe an einer Stelle, auf welche eine der äußersten Knotenlinien fällt, mit den Spitzen des Daumen und zweyten Fingers hält, und, wenn die Linien mit dem kürzern Durchmesser parallel seyn sollen, in der Mitte einer schmalen Seite mit dem Violinbogen streicht. Wenn die Breite der Scheibe es zuläßt, und man an einer langen Seite mit gehöriger Genauigkeit streicht, so kann man die Scheibe auch nöthigen, so zu schwingen, daß 2, 3, oder mehrere Knotenlinien der Länge nach gehen, wobey es sich von selbst versteht, daß die Töne, welche unter sich eben dieselben Verhältnisse behalten, welche vorher angegeben sind, höher seyn müssen, als wenn die Knotenlinien mit dem kürzern Durchmesser parallel gehen. Bey allen diesen einfachern Schwingungsarten können öfters die ihrer eigentlichen Bestimmung nach geraden Knotenlinien sich krümmen, welche Krümmung der Linien auch so zunehmen kann, daß zwey abwechselnd sich einander nähernde und von einander entfernende Linien endlich in diagonaler Richtung sich rechtwinklicht durchschneiden, durch welche Verzerrung der Linien das Tonverhältniß meist gar nicht, und in einigen Fällen nur sehr wenig verändert wird. Obgleich bey dergleichen Verzerrungen der Knotenlinien die Schwingungsarten im Wesentlichen eben dieselben sind, als wenn diese Linien gerade wären, so ist doch die gewöhnliche Theorie der Schwingungen nicht mehr zu Beurtheilung dieser Gestaltveränderungen hinlänglich, indem die Gestalt der Scheibe sich alsdann nicht mehr durch eine krumme Linie ausdrucken läßt.

Außer

Außer diesen einfachern Schwingungsarten sind noch viele andere möglich, die alle so beschaffen sind, daß die Gestalt der Scheibe nicht durch krumme Linien, sondern nur durch Flächenkrümmungen würde ausgedruckt werden können, wenn man in der höhern Mechanik und Analyse schon so weit wäre, daß man sie durch irgend eine Gleichung auszudrücken wüßte. Bey diesen Schwingungsarten zeigen sich Knotenlinien in die Länge und Quere zugleich, die einander meistens rechtwinklicht schneiden; in manchen Fällen aber auch auf verschiedene Art sich abändern können.

Um solche Schwingungsarten, wo eine Knotenlinie der Länge nach geht, die von Querlinien durchschnitten ist, hervorzubringen, hält man die Scheibe an einer Stelle, wo sich zwey Linien durchschneiden, und streicht die Scheibe mit dem Violinbogen zwischen zwey Enden von Querlinien, oder nahe an der nächsten Ecke. Es kann die der Länge nach gehende Knotenlinie von Einer Querlinie durchschnitten seyn, oder von zweyen, oder auch von mehreren. Die Töne kommen an einem Rectangelstreifen, dessen Länge sich zur Breite wenigstens wie 8 : 1 verhält, oder auch noch beträchtlicher ist, ungefähr mit der Folge der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4 u. s. w. überein, sie verhalten sich also unter einander, wie die Zahlen der Querlinien; jedoch sind, wenn die Breite nicht im Verhältnisse der Länge sehr gering ist, die Töne etwas weniges weiter aus einander, so daß die etwas mehrere Höhe bey der 4ten oder 5ten Schwingungsart schon anfangen wird, bemerkbar zu seyn, und bey der 6ten etwa einen halben Ton, bey der 8ten u. s. w. noch mehr betragen kann. Je geringer die Verschiedenheit der Breite von der Länge ist, desto

weiter gehen die Verhältnisse von einander, so daß an einer Quadratscheibe der zweyte Ton um eine Oktave und eine große Terz höher ist, als der erste, und bey dem dritten die Höhe wieder um eine Oktave, bey dem vierten ungefähr um eine kleine Septime zunimmt u. s. f. Sowohl dieses Umstandes wegen läßt sich kein allgemeines Verhältniß der Töne bey diesen Schwingungsarten gegen die Töne der vorerwähnten bestimmen, als auch deßwegen, weil an Scheiben von verschiedenen Verhältnissen der Länge zur Breite die ersterwähnten Töne sich wie die umgekehrten Quadrate der Längen verhalten, und von der Breite nicht abhängen, aber bey gegenwärtigen Schwingungsarten die Höhe des tiefsten Tons im umgekehrten Verhältnisse der Breite sowohl als der Länge, oder überhaupt im umgekehrten Verhältnisse des Flächeninhalts der Scheiben steht. An einer Quadratscheibe ist dieser Ton um eine Quinte tiefer, und an der Scheibe, wo beyde Durchmesser noch mehr verschieden sind, ist er höher, als der tiefste Ton bey der ersterwähnten Reihe von einfachern Schwingungsarten, wo zwey Linien mit dem kürzern Durchmesser parallel gehen, oder als parallel gehend angesehen werden können.

Wenn das eine Ende des Rectangels frey und das andere fest ist, sind die einfachern Schwingungsarten und Tonverhältnisse so, wie an Stäben. Die Scheibe kann nämlich ganz schwingen, so daß sich gar keine Knotenlinie zeigt; bey der zweyten Schwingungsart zeigt sich eine Knotenlinie in einer Entfernung von dem freyen Ende, die beynahe den dritten Theil der Länge des Rectangels beträgt; bey der dritten Schwingungsart zeigen sich zwey Linien in die Quere u. s. w. Das Streichen muß in der Mitte des freyen Endes geschehen.

Außer

Außer diesen einfachen Bewegungsarten können aber auch andere statt finden, wo eine Knotenlinie in die Länge geht, entweder allein, oder von einer in die Quere gehenden, oder von zweyen, oder auch von mehreren Querlinien durchschnitten. Die Töne verhalten sich bey diesen Schwingungsarten an einem Rectangelstreifen, der im Verhältniß der Länge nur eine geringe Breite hat, wie die Reihe der ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9 u. s. w. Je geringer die Verschiedenheit der Länge und Breite ist, desto mehr erweitert sich der Abstand der Töne von einander, eben so, wie dieses bey einer freyen Rectangelscheibe statt findet. Ein allgemeines Verhältniß dieser Töne gegen die vorhererwähnten läßt sich nicht angeben.

An einem Rectangelstreifen, dessen beyde schmale Seiten fest sind, geschehen die einfachsten Bewegungen so, daß sie mit den Schwingungsarten und Tonverhältnissen eines an beyden Enden befestigten Stabes übereinkommen, wobey sich also entweder bey den Schwingungen des ganzen Streifen gar keine Knotenlinie zeigt, oder der Streifen sich in 2, 3, 4, und mehrere schwingende Theile theilt, und sich 1, 2, und mehrere in die Quere gehende Knotenlinien zeigen. Diese Schwingungsarten aber lassen sich nur selten und mit vieler Mühe durch Streichen mit dem Violinbogen hervorbringen, weil ein solches Streichen nicht an einer schmalen Seite, sondern, weil diese befestigt sind, nur an einer langen Seite geschehen kann.

Unter allen Arten von Rectangelscheiben haben Quadratscheiben das einfachste Verhältniß, weil Länge und Breite einander gleich sind. Es sind an denselben, so wie überhaupt an Rectangelscheiben, alle Arten von Schwingungen möglich, wo eine gewisse

Zahl von Knotenlinien mit dem einen oder auch mit dem andern Durchmesser parallel geht, oder als parallel mit demselben gehend angesehen werden kann. Der Kürze wegen hat Herr Chladni bey jeder Schwingungsart die Zahl der Knotenlinien, welche nach der einen und nach der andern Richtung gehen, durch einen senkrecht dazwischen gesetzten Strich unterschieden; so wird z. B. 3|0 die Schwingungsart bedeuten, wo nach einer Richtung drey Linien gehen und nach der andern keine, 5|2 die Schwingungsart, wo mit dem einen Durchmesser fünf und mit dem andern zwey Knotenlinien parallel gehen, u. s. w.

Manche Schwingungsarten der Quadratscheibe können sich bey einerley Zahl der Knotenlinien auf zwey verschiedene Arten zeigen; nämlich die Krümmungen, oder die meisten Krümmungen der äußersten Linien können entweder einwärts oder auswärts gehen. Im ersten Falle ist der Ton tiefer, als im zweyten. Dieser Unterschied, welcher nicht als Abänderung, sondern vielmehr als wesentliche Verschiedenheit anzusehen ist, findet statt bey solchen Klangfiguren, wo eine ganze Zahl von Krümmungen vorhanden ist, wie bey 2|0, 3|1, 4|0, 4|2, 5|3, 6|2, 7|2, 7|3, und wahrscheinlich noch bey manchen andern; aber nicht bey solchen, wo anderthalbe oder drittehalbe Krümmung sich zeigt, wie z. B. bey 3|0, 4|1, 5|0, 5|2.

Unter allen Schwingungsarten einer Quadratscheibe giebt 1|1 den tiefsten Ton, man hält dabey die Scheibe in der Mitte, und streicht an einer Ecke. Die Figur kann auch allenfalls so verzerrt werden, daß sie sich als zwey krumme Diagonallinien (fig. 45.) edh und emn zeigt.

Die

Die Schwingungsart, welche nächst dieser den tiefsten Ton giebt, ist 2|0 mit einwärts gebogenen Krümmungen, welche sich gewöhnlich, wenn man in der Mitte hält und mitten an einer Seite streicht, als zwey sich durchkreuzende Diagonallinien (fig. 46.), zeigt, bisweilen aber auch als zwey einwärts gebogene Linien cnd und emk erscheinen kann. Der Ton ist um eine Quinte höher, als bey fig. 45.

2|0 mit auswärts gebogenen Krümmungen erscheint zwar bisweilen wirklich als zwey auswärts gebogene Linien, meistens aber beynahe wie ein Kreis, oder vielmehr wie ein Viereck mit abgerundeten Ecken, wenn man die Scheibe in der Mitte einer Seite nahe am Rande hält, und an der nächsten Ecke streicht. Der Ton ist um etwas mehr als einen ganzen Ton oder beynahe um eine kleine Terz höher, als bey 2|0 mit einwärts gehenden Krümmungen (fig. 46.), und fast um eine kleine Septime höher, als bey 1|1 (fig. 45.) Diese Schwingungsart klingt voller und stärker als die beyden vorigen, und fast so, als ob der Ton um eine Oktave tiefer wäre, als er wirklich ist.

2|1 (fig. 47.), wo der Ton um eine Oktave und eine große Terz höher, als bey 1|1 (fig. 45.), und um eine große Sexte höher, als bey 46 ist, erhält man leicht, und meistens sehr regelmäßig, wenn man die Scheibe an einer Stelle, wo zwey Linien einander durchschneiden müssen, hält, und mitten an der rechten oder linken Seite streicht. Durch einige Verrückung der Finger, wobey man auch an der in der Figur zur linken Hand befindlichen Ecke streichen kann, läßt sich auch bisweilen bewirken, daß sich

sich diese Schwingungsart als drey diagonale wellenförmige Linien, wie fig. 48., zeigt.

3|0 kann sich auf allen Scheiben, die nicht allzu unregelmäßig sind, wie fig. 49., zeigen. Diese Schwingungsart ist unter allen die brauchbarste, um jemanden von den vorher erwähnten Abänderungen und Verzerrungen der Knotenlinien, wodurch der Ton nicht geändert wird, einen deutlichen Begriff zu geben. Man kann nämlich durch eine kleine Verrückung der Finger leicht eine dieser Figuren in die andere verwandeln. Wenn man die Scheibe an der Stelle m hält, und an der nächsten Stelle bey n streicht, so erscheinen drey gerade Linien, und die Scheibe bewegt sich genau so, wie ein freyer Stab bey seiner zweyten Schwingungsart; rückt man aber mit den Fingerspitzen, welche die Scheiben halten, etwas weiter einwärts, und streicht an eben der Stelle, wie vorher, so krümmen sich die Linien; ruckt man mit den Fingern noch weiter einwärts, so krümmen sich die Linien noch mehr, und vereinigen sich endlich in zwey Stellen. Der Ton ist hier um 2 Oktaven und etwas mehr als einen halben oder beynahe einen ganzen Ton höher, als bey fig. 45.

2|2 erscheint, wenn man eine Stelle, wo zwey Linien einander durchschneiden müssen, hält, und in der Mitte einer Seite streicht. Diese Schwingungsart, so wie andere, wo das innere der Scheibe von Knotenlinien umschlossen ist, giebt einen vollern und weniger unangenehmen Ton, als manche andere. Wenn die Scheibe etwas unregelmäßig ist, oder die Stelle des Haltens etwas verändert wird, wobey man auch an der nächsten Ecke streichen kann, so zeigt sich die Figur auch bisweilen als vier wellenför-

förmige Diagonallinien, oder auch auf andere Arten verzerrt.

3|1 erscheint nie auf einer Quadratscheibe (wohl aber auf andern Rectangelscheiben) mit lauter geraden Linien, sondern allemal so, daß von den drey nach einer Richtung gehenden Linien die äußern entweder einwärts oder auswärts gebogen sind. Diese beyden Schwingungsarten sind nicht als Abänderungen, sondern als wesentlich verschieden anzusehen; die zweyte ist auch ungefähr um einen ganzen Ton höher als die erste.

3|2 läßt sich bisweilen ganz regelmäßig hervorbringen, wenn man an der Stelle linker Hand, wo zwey Linien sich durchschneiden, die Scheibe hält, und in der Mitte der vordern Seite streicht. Verrückt man die Haltungsstelle etwas, so verändert sich die Figur meistens in 5 wellenförmige Diagonalen, wobey es am besten ist, an der nächsten Ecke zu streichen.

4|0 gehört auch unter diejenigen Schwingungsarten, die sich auf zwey ganz von einander verschiedene Arten zeigen können, nämlich so, daß die äußern Linien entweder einwärts oder auswärts zweymal gebogen sind.

Bey 4|1 können alle Linien gerade seyn; man hält die Scheibe an der nächsten Stelle, wo die beyden Linien sich schneiden, und streicht entweder an derselben Seite näher nach der Ecke zu, oder an der rechten Seite zwischen zwey Linien. Bey verändertem Verfahren werden die Figuren verzerrt.

3|3 erscheint meistens regelmäßig, kann sich aber bisweilen in 6 schiefe wellenförmige Diagonalen verwandeln.

4|2 hat Herr Chladni nie mit geraden Linien erhalten können.

5|0 erscheint nur selten regelmäßig mit wellenförmigen Linien, die drittehalbmal gekrümmt sind, und ihre Ein- und Ausbiegungen gegenseitig einander zukehren.

5|1 erscheint äußerst selten mit geraden Linien.

4|3 läßt sich auf regelmäßigen Scheiben mit geraden Linien leicht darstellen.

5|2 erscheint sowohl mit geraden Linien, als auch verzerrt.

4|4 zeigt sich meistens mit geraden Linien, kann aber auch auf verschiedene Arten verzerrt werden, und sich auch als 8 wellenförmige Diagonalen zeigen.

5|3 erscheint nicht mit geraden Linien.

Uebrigens folgert Herr Chladni aus den Tonverhältnissen einer Rectangelscheibe von verschiedenen Verhältnissen der als unveränderlich angenommenen Länge zur Breite folgende Resultate:

1. daß die mit den Schwingungen eines freyen Stabes übereinkommenden Schwingungsarten 2|0, 3|0, 4|0 u. s. w. nicht nur ihre Verhältnisse unter sich, wie die Quadrate von 3, 5, 7 u. s. w., sondern auch ihre absolute Tonhöhe beybehalten, indem die Töne bey diesen Schwingungsarten von der Länge, nicht aber von der Breite des Rectangels abhängen. Wenn man auch die Breite so verminderte, daß aus der Rectangelscheibe endlich ein vierseitiger prismatischer Stab würde, so würden doch diese Töne eben dieselben bleiben. Die einzige Abweichung, welche ungefähr einen halben Ton betragen kann, zeigt sich bey

bey dem Uebergange einer Quadratscheibe zu einer Rectangelscheibe von ungleichen Durchmessern.

2. Daß die Schwingungsarten, wo bloß der Länge nach Knotenlinien gehen, 0|2, 0|3, 0|4 u. s. w. auch unter sich die Verhältnisse der Quadrate von 3, 5, 7, 9 u. s. w. beybehalten, jedoch im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate des kürzern Halbmessers an Höhe zunehmen; welches auch ganz der Theorie gemäß ist, indem diese Schwingungsarten in Beziehung auf den kürzern Durchmesser eben das sind, was die vorher erwähnten Schwingungsarten 2|0, 3|0, 4|0 u. s. w. in Beziehung auf die längern Durchmesser waren.

3. Daß bey den Schwingungsarten, wo eine nach der einen Richtung gehende Knotenlinie von solchen, die nach der andern Richtung gehen, durchschnitten wird, oder 1|1, 2|1, 3|1, 4|1 u. s. w. die Töne, welche an einer Quadratscheibe ungefähr in den Verhältnissen 6, 15, 30 u. s. w. stehen, bey größerer Verminderung des einen Durchmessers einander immer näher geruckt sind, so daß sie, bey einem Verhältnisse der beyden Durchmesser gegen einander wie 1 zu $\frac{1}{8}$, schon beynahe mit der natürlichen Zahlenfolge 1, 2, 3, 4, 5 u. s. w. übereinkommen, und, wenn die Breite des Rectangels noch weiter vermindert wird, endlich ganz in diese Verhältnisse übergehen. Die Höhe des tiefsten Tons dieser Reihe, oder 1|1, nahm immer ungefähr in demselben Verhältnisse zu, in welchem die Breite des Rectangels vermindert ward. An einer Quadratscheibe war der Ton bey dieser Schwingungsart um eine Quinte tiefer, als bey 2|0, an einer Scheibe, deren Breite unge-

ungefähr $\frac{2}{3}$ der Länge betrug, war er eben derselbe, und an Scheiben von geringerer Breite war er höher.

4. Daß bey allen übrigen Schwingungsarten, wo mehrere nach der einen Richtung gehende Knotenlinien von solchen, die nach der andern Richtung gehen, durchschnitten werden, die Töne bey verminderter Breite auch erhöht werden, und zwar bey solchen Schwingungsarten, wo mehrere Linien in die Länge gehen, beträchtlicher, als bey solchen, wo die Zahl der Querlinien größer ist.

Daß die Schwingungsarten, wo eine der Länge nach gehende Knotenlinie von solchen, die in die Quere gehen, durchschnitten wird, in ihrer Art eben dasselbe sind, was an einem cylindrischen oder prismatischen Stabe die drehenden Schwingungen sind, und endlich bey weiterer Verminderung der Breite eines Rectangels bis zu einem vierseitig prismatischen Stabe wirklich darin übergehen, sucht Herr Chladni auf diese Art darzuthun. Es sey nämlich (fig. 50.) cdef ein Theil einer Rectangelscheibe, wo die der Länge nach gehende Knotenlinie mq von der in die Quere gehenden ab durchschnitten wird, so schwingen allemal zwey durch eine Knotenlinie von einander getrennte Theile nach entgegengesetzten Richtungen, so daß also die hier durch + bezeichneten Stellen über der natürlichen Lage sich befinden, während die durch — bezeichneten unter derselben sind, und so umgekehrt. Wenn also das Stück anqd sich niederwärts, und in eben der Zeit das Stück nqfb sich aufwärts bewegt, so ist es eben das, als ob das ganze Stück adfb sich rechts etwas drehte. Eben so ist es bey dem jenseits der Querlinie befindlichen Stücke abec, wo die Bewegungen der beyden Theile anmc und

mnbe

mnbe nach den entgegengesetzten Richtungen geschehen, eben dasselbe, als ob das ganze Stück abec sich ein wenig links drehte, wenn man den Standpunkt des Beobachters bey q annimmt. Bey der folgenden Schwingung werden die durch + bezeichneten Stellen unter, und die durch — bezeichneten über der natürlichen Lage seyn, es wird also eben das seyn, als ob adfb sich links und abec sich rechts ein wenig drehte, und so immer abwechselnd, während die Stelle, worauf die Querlinie ab fällt, immer unbeweglich ist. So wie diese Art der Bewegung hier an einem Stücke einer Rectangelscheibe gezeigt ist, so geschieht sie auch bey den drehenden Schwingungen eines Stabes; die Gesetze, nach welchen die Höhe und Tiefe der Töne sich richtet, sind in ihrer Art auch eben dieselben. Wenn nun eine Rectangelscheibe oder ein Stab noch weiter in die Länge ausgedehnt ist, und mehrere solche Querlinien oder feste Stellen wie ab vorhanden sind, so drehen sich immer zwey durch eine feste Stelle getrennte Theile nach entgegengesetzten Richtungen.

Bey den Schwingungen einer runden Scheibe zeigen sich die Knotenlinien entweder so, daß sie von einer Stelle des Randes zur andern in geraden oder krummen Richtungen gehen, oder als concentrische Kreise, die in manchen Fällen zirkelrund sind, meistens aber eine gewisse Anzahl von Biegungen annehmen. Der Kürze wegen bezeichnet Herr Chladni auch hier die Zahl der durchgehenden Linien mit den gewöhnlichen Ziffern vor dem Strich, und die Zahl der concentrischen Kreise mit Römischen Ziffern hinter dem Strich; so wird z. B. 2|0 die Schwingungsart bedeuten, wo nur allein zwey durchgehende

 Linien

Linien vorhanden sind, o|I die, wo nur ein Kreis sich zeigt, 4|III die, wo vier durchgehende Linien und drey Kreise vorhanden sind, u. s. w.

Die Klangfiguren mit durchgehenden Linien, ohne Kreise, zeigen sich sternförmig, wenn die Linien gerade sind und sich in der Mitte der Scheibe durchschneiden; die Linien können auch ihre Lage ververändern, sich krümmen, und auf mannichfaltige Arten trennen und verbinden, wodurch aber weder die Zahl der Linien noch das Tonverhältniß verändert wird.

2|0 (fig. 51.), wo zwey durchgehende Linien sich kreuzförmig durchschneiden, giebt unter allen Schwingungsarten den tiefsten Ton. Zu Hervorbringung derselben hält man die Scheibe in der Mitte, und berührt, wenn man die Lage der einen Knotenlinie genauer bestimmen will, noch irgend eine Stelle, auf welche diese Linie fallen soll, und streicht an einer Stelle des Randes, die ungefähr 45 Grad von der Richtung dieser Linie entfernt ist.

Bey der zweyten Schwingungsart, 3|0 (fig. 52.), wo die drey in der Mitte sich durchschneidenden Linien sich wie ein sechsstrahliger Stern zeigen, ist der Ton um eine Oktave und einen ganzen Ton höher, als bey der vorigen. Man hält und berührt die Scheibe eben so, wie bey der erstern Schwingungsart, streicht aber nicht an eben derselben Stelle, sondern an einer Stelle, die von der durch Berührung bestimmten Linie ungefähr um den vierten Theil des Umkreises entfernt ist. Man kann auch, anstatt in der Mitte zu halten und noch eine Stelle zu berühren, die Scheibe etwas außer der Mitte halten, wodurch ebenfalls die Richtung der einen Knotenlinie schon hinlänglich

bes

bestimmt wird, und so kann man zu Hervorbringung der folgenden Bewegungsarten desto weiter außerhalb der Mitte halten, je größer die Zahl der Linien seyn soll, weil der sich nicht bewegende mittlere Theil der Scheibe bey solchen sternförmigen Figuren desto grö- ßer ist, je mehr Linien daselbst zusammentreffen.

4|0 kann sich sternförmig zeigen, oder auch öf- ters wie fig. 53. Der Ton ist um eine kleine Sep- time höher, als bey 3|0, und um zwey Oktaven hö- her, als bey 2|0.

Unter den folgenden Schwingungsarten 5|0, 6|0, 7|0, 8|0, u. s. f., welche sich alle sowohl sternförmig, als auch abgeändert zeigen können, ist 8|0 besonders vieler regelmäßigen Abänderungen fähig. Bey allen Verzerrungen ist die Zahl der krummen Knotenlinien eben dieselbe, als wenn diese gerade sind, und die Figur sich sternförmig zeigt.

Die Folge der Töne bey allen diesen Schwin- gungsarten scheint sich wie die Quadrate von 2, 3, 4, 5 u. s. w., oder überhaupt, wie die Quadrate der Zahlen durchgehender Knotenlinien zu verhalten, je- doch sind die Abstände der Töne von einander ein we- nig kleiner, als sie vermöge dieser Progression seyn sollten.

Bey Schwingungsarten, wo ein Kreis vorhan- den ist, kann dieser entweder allein, oder von 1, 2, 3 oder mehreren fast allemal geraden Linien durch- schnitten seyn.

0|1 (fig. 54.) giebt einen Ton, der ungefähr um eine kleine Sexte höher ist, als bey 2|0 (fig. 51.). Man hält die Scheibe an einer Stelle, auf welche ein Kreis fällt, und streicht an der nächsten Stelle

des Randes. Das Halten muß mit den äußersten Fingerspitzen geschehen, weil sonst die Schwingungen der nächsten Theile zu sehr würden gehindert werden; das Streichen muß, weil es einer der tiefsten Töne ist, langsamer, und mit einem etwas anhaltendern Drucke, als bey manchen andern Schwingungsarten, geschehen. Die Art der Bewegung ist unter allen, die an einer runden Scheibe möglich sind, die einfachste.

1|I (fig. 55.) ist unter allen Schwingungsarten am leichtesten hervorzubringen; man hält die Scheibe an irgend einer Stelle nahe am Rande, wo der Kreis und die im Durchmesser gehende Linie einander durchschneiden sollen, und streicht an einer Stelle, die ungefähr 90 Grad davon entfernt ist. Man kann an Scheiben, die nicht allzuunregelmäßig sind, durch Veränderung der Stellen, wo man hält und streicht, wobey doch allemal die letztere ungefähr 90 Grad von der erstern entfernt seyn muß, leicht die Lage der im Durchmesser gehenden Linie verändern, und sie nach Belieben in jedem Durchmesser gehen lassen. Der Ton ist beynahe um eine Oktave und einen ganzen Ton höher, als bey 0|I.

2|I (fig. 56.) erscheint, wenn man eben so, wie bey 1|I, hält, aber nicht an derselben Stelle streicht, sondern an einer, die ungefähr um 45 Grad von der Haltungsstelle entfernt ist. Zu mehrerer Bestimmtheit der Figur kann man außerdem noch die Scheibe an einer Stelle auf der in die Quere gehenden Linie berühren, oder an deren Ende an etwas schwach anstemmen. Der Ton ist beynahe um eine kleine Septime höher, als bey 1|I, und beynahe zwey Oktaven höher, als bey 0|I.

Man

Man kann auch, um 3|1, 4|1, 5|1, und mehrere dergleichen radförmige Figuren hervorzubringen, außerdem daß man die Scheibe an einer Stelle hält, wo ein Kreis und eine durchgehende Linie sich schneiden, und immer näher bey der gehaltenen Stelle streicht, auch noch mit einem Finger eine Stelle des Kreises berühren; der Kreis erweitert sich immer mehr, je größer die Zahl der durchgehenden Linien ist, wonach man sich in Ansehung der Berührung richten muß. Es wird auch bisweilen zu leichterer Hervorbringung solcher Schwingungsarten dienlich seyn, wenn die Scheibe zugleich an einer Stelle, wo eine durchgehende Linie sich endigen muß, ganz schwach an etwas angestemmt wird.

Zwey Kreise können ebenfalls allein, oder von irgend einer Zahl gerader oder krummer durchgehender Linien durchschnitten seyn. Die Kreise erscheinen bisweilen als concentrische Zirkel; öfter aber nimmt auch der äußere Kreis eine bestimmte Zahl von Biegungen an, die, so wie auch bey den folgenden Figuren, wo mehrere Kreise sind, mit einer Epicykloide Aehnlichkeit haben. Der innere Kreis ist meistens einer Ellipse ähnlich. Wenn die durchgehenden Linien sich verzerren, so nehmen sie meistens eine Gestalt an, die einer Hyperbel ähnlich ist.

An Klangfiguren mit drey oder mehreren Kreisen können diese sich zwar auch mannichmal concentrisch zeigen, meistens aber nehmen die Kreise Biegungen an, welche sich abwechselnd einander nähern und von einander entfernen, und an den innern Kreisen flacher sind, als an den äußern. An dem innersten Kreise, welcher gewöhnlich elliptisch ist, hat Chladni nie Biegungen bemerkt.

Die meisten der zusammengesetzten Klangfiguren wird man zwar nicht immer nach Willkühr hervorbringen können, jedoch wird man an hinlänglich großen und dünnen Scheiben durch kleine Veränderungen des Haltens, Berührens, Anstemmens, und Streichens jede dieser Klangfiguren unvermuthet erhalten können. Nur ist hiebey zu bemerken, daß in allen Fällen, wo das Halten und Streichen gewisser Stellen auf Hervorbringung mehr als Einer Schwingungsart wirken kann, man genau beobachten muß, bey welchem Tone die verlangte Figur sich zeigen will, und sobald dieser Ton gehört wird, ihn durch die gehörige Art des Bogenstrichs zu verstärken, andere Töne aber, die sich mit hinein mengen wollen, so viel als möglich zu verhindern suchen muß.

An elliptischen Scheiben haben die Schwingungsarten, wenn beyde Durchmesser der Scheibe nur wenig verschieden sind, viel Aehnlichkeit mit den Schwingungen einer runden Scheibe; bey einer beträchtlichern Verschiedenheit beyder Durchmesser erhalten sie aber etwas mehr Aehnlichkeit mit den Schwingungen einer Rectangelscheibe. Es können Knotenlinien in die Quere gehen, welche gewöhnlich einwärts gebogen und Hyperbeln, die ihre convexe Seite der Mitte zukehren, sehr ähnlich sind; es kann auch eine Knotenlinie in die Länge gehen, von Querlinien durchschnitten; es können sich aber auch Knotenlinien zeigen, die einen oder mehrere in die Länge gezogene Kreise vorstellen, und diese können allein, oder von einer in die Länge gehenden Linie, oder auch von Querlinien durchschnitten seyn. Der Kürze wegen bezeichnet auch hier Herr Chladni die Schwingungsarten so, daß die Zahl der Querlinien und der in die Länge gehenden

Linien

Linien (wo er immer einen Kreis als zwey Linien in die Länge ansieht) vor einem Striche, und die Zahl der in die Länge gehenden Linien hinter denselben gesetzt wird.

Um die Reihe von Schwingungsarten, wo Knotenlinien bloß in die Quere gehen, oder 2|0, 3|0, 4|0 u. s. w. hervorzubringen, hält man die Scheibe mitten auf einer der äußersten solcher Linien, mit den Spitzen des Daumen und noch eines Fingers, und streicht mit dem Violinbogen am nächsten Ende des langen Durchmessers. Der Klang ist bey diesen Schwingungsarten gewöhnlich etwas rauh, und ohne Nachhall, weil (so wie überhaupt bey Schwingungsarten, wo man nur auf einer Linie, nicht aber an einer Stelle, wo zwey Linien sich schneiden, halten kann); die der Haltungsstelle benachbarten schwingenden Theile durch die Berührung ein wenig in ihren Schwingungen gehindert werden.

Zu Hervorbringung der Schwingungsarten, wo eine in dem längern Durchmesser befindliche Knotenlinie von Knotenlinien, die in die Quere gehen, durchschnitten wird, oder 1|1, 2|1, 3|1 u. s. w. hält man die Scheibe an einer Stelle, wo die der Länge nach gehende Linie von einer Querlinie durchschnitten wird, also bey der ersten solcher Schwingungsarten in der Mitte, bey den übrigen aber an einer der äußersten solcher Stellen, und streicht zwischen zwey Enden von Querlinien, oder, welches in manchen Fällen besser ist, zwischen den Enden der letzten Querlinien, oder, welches in manchen Fällen noch besser ist, zwischen den Enden der letzten Querlinien und der in die Länge gehenden Linie. Wenn

 vie-

viele Linien in die Quere gehen sollen, kann man außerdem zu noch mehrerer Bestimmtheit auch die folgende Stelle, wo eine Querlinie die der Länge nach gehende Linie durchschneidet, mit der Spitze eines andern Fingers berühren. Diese Reihe von Schwingungsarten hat, eben so wie die vorher erwähnten, an langen Ellipsen die größte Aehnlichkeit mit dergleichen Klangfiguren an einer Rectangelscheibe.

Bey der folgenden Reihe von Schwingungsarten zeigt sich ein noch mehr, als die Ellipse selbst, in die Länge gezogener Kreis, entweder allein, oder von Querlinien durchschnitten. Da ein Kreis als zwey der Länge nach gehende Knotenlinien anzusehen ist, und an langen Ellipsen sich auch wirklich so zeigt, so bezeichnet Chladni dieselben durch 0|2, 1|2, 2|2, 3|2 u. s. w. Bey der einfachsten solcher Schwingungsarten, wo keine Querlinie vorhanden ist, hält man an einer Stelle des Kreises; wobey es vortheilhaft seyn wird, noch eine Stelle desselben mit der Spitze eines andern Fingers zu berühren, und streicht ungefähr mitten an einer Seite. An langen Ellipsen ist gewöhnlich an jedem Ende, wo die 2 der Länge nach gehenden Linien zusammenkommen, eine beträchtliche Stelle, welche unbeweglich bleibt, indem sich die Schwingungen nur über die Mitte der Scheibe verbreiten; in diesem Falle wird es am besten seyn, wenn man die Scheibe an irgend einer nicht gar zu weit von dem einen Ende entfernten Stelle hält und noch eine Stelle der Knotenlinie weiter nach der Mitte einer Seite mit noch einer Fingerspitze unterstützt, und nicht weit davon, ungefähr in der Mitte einer Seite, mit dem Violinbogen streicht. Zu Hervorbringung der Schwingungsarten, wo Querlinien den Kreis, oder

oder die zwey in die Länge gehenden Linien durchschneiden, hält man die Scheibe an einem solchen Durchschnittspunkte und streicht zwischen zwey Enden von Linien. Am schicklichsten wird es seyn, einen der äussersten Durchschnittspunkte zu halten, und weiter nach dem nächsten Ende der Scheibe zu streichen.

Um die Schwingungsart 0|3 hervorzubringen, hält man die Scheibe nahe an dem einen Ende, da wo die Linien sich schneiden, und streicht ungefähr in der Mitte der Scheibe. Zu Hervorbringung der Schwingungsarten, wo die drey der Länge nach gehenden Linien von Querlinien durchschnitten werden, so wie auch der übrigen Schwingungsarten, wo zwey Kreise, zwey Kreise und eine im längern Durchmesser gehende Linie, u. s. w. entweder allein, oder von Querlinien durchschnitten, sich zeigen, verfährt man ungefähr eben so, wie bey Schwingungsarten mit einem Kreise, nur mit dem Unterschiede, daß die Stellen, wo man halten, oder wo man die Scheibe außerdem noch zu mehrerer Bestimmtheit der Figur mit einer Fingerspitze berühren kann, desto weiter nach außen befindlich sind, je zusammengesetzter die Schwingungsart ist, welche man hervorbringen will.

Aus den Versuchen des Herrn Chladni mit elliptischen Scheiben ergaben sich folgende Resultate:

1. daß die erste Reihe von Schwingungsarten, wo bloß Querlinien vorhanden sind, sich bey allmähliger Verminderung des einen Durchmessers nur nach und nach von der zweyten Reihe, bey welcher eine Linie in die Länge geht, und zwar in den tiefern Tönen zuerst, absondert, und daß bey dieser ersten Reihe, von der runden Gestalt einer Scheibe an gerech-

 net,

net, bis zu der größten Verminderung des einen Durchmessers die Höhe der Töne nur ungefähr um eine große Terz zunimmt. Die Tonverhältnisse dieser Reihe, welche an einer runden Scheibe mit den Quadranten von 2, 3, 4, 5 u. s. w. übereinkommen, gehen hier etwas weiter aus einander.

2. Daß die Tonverhältnisse der zweyten Reihe 1|1, 2|1, 3|1 u. s., welche anfangs eben dieselben waren wie bey der ersten Reihe, bey zunehmender Verminderung des einen Durchmessers nach und nach etwas enger werden, und endlich anfangs in den tiefern, nachher auch immer weiter in den höhern Tönen in die Verhältnisse der natürlichen Zahlenfolge übergehen. Bey dem Verhältnisse der Durchmesser 11 : 3 waren die beyden ersten Töne, bey dem Verhältnisse 14 : 3 die drey ersten, bey 17 : 3 die vier ersten, bey 20 : 3 die fünf ersten Töne mit der Zahlenfolge übereinstimmend, die übrigen aber weiter aus einander. Eigentlich könnte man wohl annehmen, daß hier sowohl, als auch bey Rectangelscheiben, wo diese Reihe in die drehenden Schwingungen eines Stabes übergeht, der kürzere Durchmesser im Verhältniß gegen den längern unendlich klein seyn müßte, wenn alle Töne dieser Reihe mit der natürlichen Zahlenfolge genau übereinstimmen sollten. Bey sehr langen und schmalen Ellipsen, wie z. B. wo die Durchmesser sich wie 17 : 3, oder 20 : 3 verhielten, oder auch noch mehr von einander verschieden waren, so wie auch bisweilen an sehr langen und schmalen Rectangelstreifen, schienen die ersten Töne dieser Reihe noch etwas näher beysammen zu seyn, als die Verhältnisse der natürlichen Zahlenfolge.

Der

Der erste Ton dieser Reihe, bey welchem ein Kreuz sich zeigt, 1|1, nimmt allemal beynahe in ebendemselben Verhältnisse an Höhe zu, in welchem der eine Durchmesser vermindert wird.

3. Daß bey den Schwingungsarten, wo bloß in die Länge gehende Knotenlinien, einen Kreis zu zwey Linien gerechnet, vorhanden sind, oder 0|2, 0|3, 0|4 u. s. w., bey Verminderung des einen Durchmessers die Höhe der Töne um weit mehr als die Verminderung selbst, jedoch weniger als die Quadrate derselben zunimmt. Unter sich haben diese Töne ungefähr eben die Verhältnisse, wie die Töne der Schwingungsarten mit bloßen Querlinien, nur sind sie allemal weit höher. Wenn die beyden Durchmesser um etwas mehr als 5 : 4 und etwas weniger als 4 : 3 verschieden sind, werden die Töne der Reihe 0|2, 0|3, 0|4 u. s. w. um eine Oktave höher seyn, bey einer Verschiedenheit der Durchmesser wie 2 : 1 um zwey Oktaven höher, bey einer Verschiedenheit der Durchmesser, die um etwas weniges geringer als 3 : 1 ist, um drey Oktaven höher, und wenn die Durchmesser um etwas mehr als 4 : 1 verschieden sind, um 4 Oktaven höher seyn, als die Töne der Reihe 2|0, 3|0, 4|0 u. s. w.

4. Daß die Töne aller Schwingungsarten, bey welchen Knotenlinien in die Länge gehen, bey den Verhältnissen der Durchmesser 5 : 3, 8 : 3, 11 : 3 u. s. w. mit höhern Tönen der Reihe, wo eine Knotenlinie in die Länge geht, zusammentreffen, und zwar so, daß bey jedem Gliede dieser Progression dieses Zusammentreffen um eine Stufe weiter anfängt.

5. Merkwürdig ist auch bey dem Verhältnisse der Durchmesser 3 : 2 das Zusammentreffen der Töne

Töne bey den Schwingungsarten, wo ein länglicher Kreis vorhanden ist, oder 0|2, 1|2, 2|2, 3|2 u. s. w. mit den Tönen der Schwingungsarten mit bloßen Querlinien, von der zweyten solcher Schwingungsarten an gerechnet, oder 3|0, 4|0, 5|0 u. s. w.

Die meisten Klangfiguren einer gleichseitig sechseckigen Scheibe haben einige Aehnlichkeit mit den Figuren einer runden Scheibe; sie beziehen sich nämlich auch auf eine gewisse Zahl von durchgehenden, und von kreisförmigen Knotenlinien. Das Halten muß hier eben so, wie an andern Scheiben, so viel möglich an einer solchen Stelle geschehen, wo sich zwey oder mehrere Knotenlinien durchschneiden, und bey den Schwingungsarten, wo keine solche Stelle vorhanden ist, wird die Haltung mit den äußersten Fingerspitzen auf einer bloßen Linie geschehen müssen; diese Schwingungsarten werden sich aber weit schwerer hervorbringen lassen. In einigen Fällen wird es auch vortheilhaft seyn, auf einer Knotenlinie noch eine andere Stelle, als die gehaltene, mit einer Fingerspitze zu berühren. Das Streichen geschieht auch hier allemal an einer der Haltungsstelle benachbarten schwingenden Stelle des Randes, am besten an einer Stelle, wo eine Einbiegung der Knotenlinien ist.

Bey den Schwingungsarten einer halbrunden Scheibe zeigen sich die Knotenlinien so, daß sie entweder als durchgehende Linien, (welche auf einen Halbmesser der Scheibe Beziehung haben, wenn sie sich auch etwas verzerrt zeigen), oder als Halbkreise anzusehen sind. Die meisten Figuren, besonders die, wo Halbkreise sich zeigen, sind so beschaffen, daß, wenn man zwey gleiche Figuren an gleich großen Scheiben zusammenstellt, eine Figur erscheint, die sich auch

auch auf einer ganz runden Scheibe darstellen läßt. Auch an Scheiben, deren Gestalt ein Quadrant, oder ein Sextant, oder überhaupt ein Theil einer runden Scheibe ist, zeigen sich viele Figuren so, daß sie einen Theil derjenigen ausmachen, die sich auf einer runden Scheibe hervorbringen lassen. Die Figuren haben meistens auch Beziehung auf Theile von Kreisen, und auf Linien, die im Durchmesser oder im Halbmesser gehen.

Ueber den Klang der Glocken hatte Euler zuerst Untersuchungen angestellt (Th. IV. S. 257.). Er hatte behauptet, daß die Töne einer Glocke sich verhalten sollen, wie 1, $\sqrt{6}$, $\sqrt{20}$, $\sqrt{50}$, $\sqrt{196}$ u. s. Golovin[h]) hat Eulers Bemerkungen über die Töne eines Ringes auf Harmonika-Glocken angewandt, und darzuthun gesucht, daß wenn der Grundton einer Glocke, wo sie sich in 4 schwingende Theile eintheilt, = 1 sey, die übrigen Töne mit den Quadraten von 2, 3, 4, 5, u. s. w. übereinkommen sollen. Allein alle diese Bestimmungen sind der Erfahrung zuwider, und Herr Chladni hat gezeigt, daß die Voraussetzungen, worauf sie sich gründen, der Natur nicht gemäß seyen. Er hat zuerst dargethan, daß die Schwingungen einer Glocke oder eines runden Gefäßes ganz so beschaffen sind, wie die Schwingungen einer runden Scheibe, bey welchen sich sternförmige Figuren zeigen. Es kann sich nämlich eine Glocke in 4, 6, 8, oder nachdem sie groß und dünn genug ist, überhaupt in eine gerade Zahl von schwingenden Theilen eintheilen, welche durch Knotenlinien von einander getrennt sind, die sich alle oben, wo der Stiel oder der Hals der Glocke ist, durchschnei-

h) Act. Acad. Petrop. pro anno 1781. P. II.

schneiden. Bey dem Anschlagen einer Glocke hört man vorzüglich den tiefsten Ton, dessen sie fähig ist, aber außerdem auch bey gehöriger Aufmerksamkeit gewöhnlich noch ein Gemisch von höhern, meistens sehr unharmonischen Tönen; man kann aber jeden Ton, der an einer Glocke statt findet, einzeln hervorbringen, wenn man eine oder mehrere Stellen, auf welche bey der verlangten Bewegungsart eine Knotenlinie fallen muß, mit den Fingern oder auf eine andere Art hält oder dämpft, und in der Mitte eines schwingenden Theils mit dem Violinbogen in der Richtung des Durchmessers streicht. Um die Beschaffenheit der Schwingungsart sichtbar zu machen, ist das Aufstreuen des Sandes unbrauchbar, weil die Fläche nicht gerade, sondern gekrümmt ist, daher hat Chladni zu dieser Absicht Wasser gewählt, welches, nachdem man die erste oder zweyte, oder irgend eine andere Schwingungsart hervorbringt, von vier, von sechs, oder mehreren schwingenden Theilen nach innen gestoßen wird. Diese Erschütterung der Oberfläche des Wassers zeigt sich auch nach außen, wenn die Glokke in einem geräumigern Gefäße unterwärts in Wasser eingetaucht ist. Wenn man auf die Oberfläche des Wassers etwas Herenmehl streut, so läßt sich dadurch die Wirkung der Schwingungen auf eine bleibendere Art sichtbar machen, und es entsteht eine Figur, welche auf die Zahl der Theile, in welche sich die Glokke eintheilt, Beziehung hat.

Die einfachste Schwingungsart, welche den tiefsten Ton giebt, läßt sich am besten ohne Beymischung anderer hervorbringen, wenn man die Glocke oder das Gefäß an zwey gegen einander über befindlichen Stellen mit den Spitzen der Finger hält, und an einer

Stel-

Stelle, die von den gehaltenen Stellen um 45 oder 135 Grad entfernt ist, in der Richtung des Durchmessers mit dem Violinbogen streicht. Wenn nun die Glocke zum Theil mit Wasser angefüllt ist, so zeigt sich die Erschütterung des Wassers durch 4 schwingende Quadranten auf der Oberfläche desselben.

Eine Harmonika-Glocke, die sich um ihre Axe dreht, und durch Anhalten eines nassen Fingers in eine schwingende Bewegung versetzt wird, oder auch ein anderes rundes gläsernes Gefäß, das auf diese Art nicht weit vom Rande in der Richtung seines Umkreises getrieben wird, theilt sich ebenfalls in 4 schwingende Theile ein, welche aber jeden Augenblick ihre Stelle verändern, und sich um den ganzen Umfang der Glocke fortschieben. Die Schwingungsart und der Ton sind also eben dieselben, als wenn die Glocke geschlagen, oder mit dem Violinbogen gestrichen würde; aber in Ansehung der Stelle, wo die Bewegung hervorgebracht wird, zeigt sich ein Unterschied. Bey der vorher erwähnten Art, den Klang hervorzubringen, ist da, wo das Streichen mit dem Violinbogen oder das Anschlagen geschieht, ungefähr die Mitte eines schwingenden Theils, und die festen Linien sind ungefähr 45 Grad davon entfernt; aber bey dieser Art der Reibung in der Richtung der Peripherie ist da, wo der Finger oder überhaupt die reibende Materie angehalten wird, eine feste Linie.

Außer dieser Schwingungsart sind an Glocken oder runden Gefäßen noch mehrere möglich. Bey der zweyten Schwingungsart, wo der Ton gewöhnlich ungefähr um eine Oktave und einen ganzen Ton höher ist, als bey der ersten, theilt sich die Glocke in 6 schwingende Theile, eben so wie eine runde Schei-

Scheibe bey ihrer zweyten Schwingungsart. Zu Hervorbringung dieses Klanges streicht man die Glocke mit einem Violinbogen in der Richtung ihres Durchmessers an einer Stelle, die ungefähr 90 Grad von einer durch Haltung oder Berührung bestimmten festen Linie entfernt ist; man kann auch zwey Stellen, die etwa 60 Grad von einander entfernt sind, zugleich berühren. So kann sich auch eine Glocke oder ein dergleichen Gefäß in 10, 12 oder in mehrere schwingende Theile eintheilen. Die Folge der möglichen Töne bey diesen Schwingungsarten verhält sich gewöhnlich, wie die Quadrate der Zahlen 2, 3, 4, 5 u. s. w.

Was die Geschwindigkeit des Schalls betrifft, so hat die Theorie dieselbe allemal kleiner angegeben, als die Erfahrung. Außer Eulern haben sich mit der Theorie vorzüglich la Grange und Giordano Riccati beschäftigt. Da aber ihre Resultate um ein Beträchtliches von der Erfahrung abwichen, so machte Herr Wünsch [i]) den Versuch, eine neue Theorie des Schalles aufzustellen. Er nimmt hiebey die Voraussetzung an, daß die Luft eine eigene Geschwindigkeit besitze, mit welcher sie ausweicht, wenn man ihr Platz verstattet, und zeigt nach einer ganz eigenen Vorstellungsart von der Fortpflanzung des Schalls, daß eben dieses auch die Geschwindigkeit des Schalls seyn müsse. Bey einer jeden Luftsäule stellt er sich einen Schwerpunkt vor, und versteht darunter denjenigen Ort der Säule, welcher eben so viel Luft über sich als unter sich hat (wo z. B. das Barometer auf 14 Zoll steht, wenn es sich an der Erdfläche 28 Zoll hoch hält). Nach seiner Meynung dringt

i) Initia novae doctrinae de natura soni. Lips. 1776. 4.

dringt nun jede Luftsäule in leere Räume mit derjenigen Geschwindigkeit, welche der Höhe ihres Schwerpunkts zugehört. Die Höhe des Schwerpunkts der Luftsäulen über der Erdfläche bestimmt Herr Wünsch durch die Differenzen der Wurzeln vierter Potenz aus den Barometerhöhen, und findet sie, wenn man das Verhältniß der Gewichte der Luft und des Quecksilbers = 1 : 11900 setzt (für die Barometerhöhe 28 Paris. Zoll), = 17750 Paris. Fuß. In dieser Höhe steht alsdann nach Herrn Wünsch das Barometer auf 14 Zoll, und ihr gehört die Geschwindigkeit von 1037 Pariser Fuß in einer Sekunde zu. Diese so genaue Uebereinstimmung mit den genauesten Versuchen über die Fortpflanzung des Schalls hält Herr Wünsch für einen Beweiß der Richtigkeit seiner Theorie. — Allein so sehr auch dieses Resultat mit dem der Versuche zusammentrifft, so sind doch die Gründe, worauf diese Theorie beruht, bloß willkührliche und sehr unwahrscheinliche Voraussetzungen, so daß dieß Zusammentreffen mit der Erfahrung wohl nur als bloßer Zufall angesehen werden kann. Es ist dem Wesen der flüssigen Materie gar nicht angemessen, sich bey Bewegungen derselben Schwerpunkte vorzustellen, weil sich hier jeder Theil für sich bewegt; und eben darin liegt die Schwierigkeit, daß die Theorie der Fortpflanzung des Schalls so schwer und dunkel ist.

Herr Kramp[k]) hat eine Tabelle über die Veränderungen der Geschwindigkeit des Schalls bey verschiedenen Graden der Temperatur von 30 Grad Reaum. bis zu — 10 Grad gegeben. Er setzt voraus, daß (nach den Beobachtungen von de Lüc) die

k) Geschichte der Aerostatik. Strasburg 1786.

die der Temperatur von $16\frac{3}{4}$ Grad Reaum. zugehörige Höhe 4342,704 Toisen beträgt, und daß, wenn r Reaumür. Grade bedeutet, die Veränderung der specifischen Elasticität der Luft dem Bruche $1 + \frac{r}{210}$ proportional ist. Er findet also die Geschwindigkeit des Schalls bey 30° Reaum. = 151,60 Toisen, oder 909,60 Pariser Fuß, und bey — 10 Grad 138,39 Toisen, oder 830,34 Fuß.

Die neuesten Versuche über die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalls sind die von Kästner, Mayer und Müller in Göttingen. Hiebey hat man sich mit vielem Vortheile der Tertienuhren bedient. Bey diesen ist ein Drücker angebracht, womit man in jedem Augenblicke das stillstehende Uhrwerk loslassen, und das gehende hemmen kann, um die Zahl der Tertien in einer gewissen Zwischenzeit mit Ruhe bemerken zu können. Mittelst einer solchen Uhr von Klindworth in Göttingen bemerkten im Jahr 1778 Kästner und Mayer auf der dasigen Sternwarte die Geschwindigkeit des Schalls aus einer Entfernung, deren Größe aus einer gemessenen Standlinie bestimmt war. Dazumal gieng gerade ein starker Wind aus Norden, welcher dem Schalle entgegenwehte. Zu eben dieser Absicht gebrauchte der Major Müller zu Göttingen 1791 eine von Herrn Ahrens in Hannover verfertigte Tertienuhr. Er hatte auf dem Felde bey Göttingen verschiedene Linien theils mit 16füßigen Stäben, theils mit der Kette sorgfältig gemessen. Aus beyden Messungen, welche nicht sehr von einander abwichen, kam für eine das Mittel = 9116 Calenberger Fuß = 8223,3 Paris. Fuß. Am 9. Septemb. Abends

bey

bey ganz heiterm Himmel und kaum merklichem Ostwinde, welcher die Linie ungefähr senkrecht durchschnitt, ließ er an dem einen Ende dieser Linie starke Kanonenschläge legen, und an dem andern beobachtete er Blitz und Knall. Die Zwischenzeit ward an der Uhr 7 Sekunden 54 Tertien gefunden; die übrigen Beobachtungen kamen dieser sehr nahe, keine wich über 6 Tertien ab; ein Mittel aus allen gab 7 Sekunden 54,25 Tertien [l]). Die Geschwindigkeit betrug also in einer Sekunde 1040,3 Par. Fuß, so wie Kästner und Mayer dieselbe 1037 Fuß gefunden hatten. Hierdurch war also erwiesen, daß die Veränderung der Atmosphäre in Ansehung der Witterung keinen großen Einfluß auf die Fortpflanzung des Schalls habe. Nur solche Umstände, durch welche die specifische Elasticität der Luft geändert wird, scheinen auch die Geschwindigkeit des Schalls zu verändern.

Die Stärke, mit welcher sich der Schall in verschiedenen Gasarten verbreitet, soll nach Priestley [m]) bloß von der Dichtigkeit, und nicht von einem chemischen Bestandtheile derselben abhangen. Zu seinen Versuchen hat er sich einer Klingel mit einem Hammer bedient, welche unter eine mit der zu untersuchenden Gasart angefüllte Glocke gestellt war, und hat beobachtet, in welcher Entfernung der Schall noch konnte bemerkt werden. In Wasserstoffgas fand er den Schall fast so wenig hörbar, als im luftleeren

l) Gothaisches Magazin für das Neueste aus d. Phys. und Naturg. B. VIII. St. 1. S. 170.

m) Observat. et experim. sur différentes branches de la physique. T. III. p. 355.

ren Raum; in kohlensaurem Gas heller, als in atmosphärischer Luft, so daß er fast um die Hälfte weiter zu hören war; in Sauerstoffgas ebenfalls lauter, als in gemeiner Luft, und zwar, wie er glaubt, mehr, als man in Ansehung der Dichtigkeit erwarten sollte. Die Versuche, welche Perolle fast auf eben dieselbe Art vermittelst einer Glocke, die in einem mit der Gasart angefüllten gläsernen Recipienten durch ein Uhrwerk angeschlagen ward, anstellte, gaben etwas andere Resultate [n]). In kohlensaurem Gas war der Schall ein wenig tiefer und dumpfer, als in gemeiner Luft, und weniger weit zu hören. In Sauerstoffgas, wie auch in Salpetergas, war der Schall etwas deutlicher, als in atmosphärischer Luft, und weiter zu hören; in Wasserstoffgas sehr undeutlich, so daß es mehr ein schwaches dumpfes Geräusch war, als ein bestimmter Klang, fast wie ein schwacher Schlag auf einen wenig elastischen Körper, er war auch nicht weit zu hören. Perolle bestimmt die Fähigkeit der verschiedenen Gasarten, den Schall zu verbreiten, so, daß, wenn die Leitungsfähigkeit der gemeinen Luft = 1 angenommen wird, die des Sauerstoffgas = 1,135, des Salpetergas = 1,23, des kohlensauren Gas = 0,82 und des Wasserstoffgas = 0,234 ist.

Ferner hat auch Herr Chladni [o]) Versuche dieser Art angestellt. Es ward eine offene zinnerne Orgelpfeife, an welcher die Länge der schwingenden Luftsäule von der Ritze an, wo die eingeblasene Luft ausgeht, bis zu dem Ende etwa 6 Zoll betrug, an dem obern Ende

n) Mém. de l'Acad. de Toulouse. 1781. und Mémoir. de l'Acad. de Turin. 1786–1787.

o) Voigt's Magazin für den neuest. Zust. der Naturk. B. I. St. 3.

Ende in dem Halse einer gläsernen Glocke, die mit einem Hahne wohl verschlossen werden konnte, befestigt. Bey dem Untertauchen der gläsernen Glocke unter das Wasser ward also zur Vermeidung aller Beymischung der atmosphärischen Luft zugleich auch die Pfeife mit Wasser angefüllt. An den Hals der Glocke ward eine Blase eingeschraubt, die ebenfalls mit einem Hahn versehen war, und vorher, so viel als möglich, zusammengedrückt und ausgesogen ward. Hierauf ward sowohl die Glocke, als auch die an den Hals derselben geschraubte Blase mit dem zu untersuchenden Gas so weit angefüllt, daß das Wasser, womit die Glocke gesperrt war, innerhalb und außerhalb der Glocke gleiche Höhe hatte, so daß der Druck, welchen das Gas erhielt, dem Drucke der Atmosphäre gleich war. Das Anblasen der Pfeife geschah durch Drücken der Blase, es war aber hierbey alle Behutsamkeit nöthig, um zu verhindern, daß nicht etwa anstatt des tiefsten Tons einer der in der natürlichen Zahlenfolge enthaltenen höhern Töne zum Vorschein kam: es war also ein schwacher und gleichförmiger Druck der Blase erforderlich, welcher aber, so oft man wollte, sich wiederhohlen ließ, weil bey einem Nachlassen des Drückens das überflüssige Gas wieder in die Blase zurückgieng. Das Verfahren war bey der einen Gasart, wie bey der andern; auch die Temperatur war bey allen Versuchen ungefähr eben dieselbe, nämlich so, wie sie an etwas kühlen Frühlingstagen, wo man es allenfalls ohne künstliche Wärme aushalten kann, zu seyn pflegt. Zu genauerer Beurtheilung der Töne hatte Chladni zwey Saiten mit dem Tone, welchen gemeine Luft gab, in Einklang gestimmt.

Zuförderst ward, um zu sehen, ob die Geschwindigkeit der Schwingungen bey einer solchen elastischen

Flüssigkeit durch die Einschließung derselben in die Glocke vielleicht etwas verändert würde, die Glocke sowohl als die Blase mit gemeiner Luft angefüllt, wobey aber der Ton eben derselbe war, als wenn die Pfeife in freyer Luft angeblasen ward, nur aber weit schwächer, welches man auch nicht anders erwarten konnte, weil die Schwingungen der in der Glocke eingeschlossenen Luft nur durch die Wände der Glocke und durch das Wasser weiter verbreitet, und der übrigen atmosphärischen Luft mitgetheilt werden konnten. Ohngeachtet aus diesem Grunde der Klang auch bey den übrigen Versuchen etwas schwach war, so konnte man ihn doch vollkommen deutlich hören.

In Sauerstoffgas aus Braunstein war der Klang über einen halben Ton oder beynahe einen ganzen Ton tiefer, als in gemeiner Luft. Das Stickgas schwingt, ohngeachtet seiner geringern specifischen Schwere, langsamer, als die atmosphärische Luft. Eine merkwürdige Erscheinung zeigte sich auch bey einer Mischung von Stickgas und Sauerstoffgas. Diese schwingt nämlich schneller, als jede dieser beyden Gasarten für sich, und zwar so, daß sie eben den Ton giebt, wie die atmosphärische Luft, welche etwa 0,73 Stickgas und 0,27 Sauerstoffgas enthält.

Wasserstoffgas gab weit höhere Töne, als die atmosphärische Luft; bey dem aus Eisen und Schwefelsäure betrug der Unterschied etwas über eine Oktave, bey dem aus Zink und Kochsalzsäure beynahe eine Oktave und einen ganzen Ton, bey dem aus Wasserdämpfen, die durch eine glühende eiserne Röhre geleitet wurden, etwas über eine Oktave und eine kleine Terz. Der Ton des kohlensauren Gas aus Kreide und Schwefelsäure war fast um eine große Terz tiefer, als

als der Ton der atmosphärischen Luft. Salpetergas aus Salpetersäure und Kupfer war nicht sehr zum Klingen geneigt; es war auch etwas Stärke des Drucks der Blase und viele Behutsamkeit nöthig, weil sonst anstatt des verlangten tiefsten Tons leicht einer der höhern zum Vorschein kam. Wenn also der Ton, welchen in einer Pfeife von einer gewissen Länge die atmosphärische Luft gibt, das 2 gestrichene c ist, so wird nach diesen Beobachtungen geben: Sauerstoffgas zwischen 1 gestrichen b und h; Stickgas 1 gestrichen h; eine Mischung von Stickgas und Sauerstoffgas eben so, wie die atmosphärische Luft, 2 gestrichen c; Wasserstoffgas, je nachdem es leichter ist, zwischen 3 gestrichen c und e; kohlensaures Gas ungefähr 1 gestrichen gis; Salpetergas 1 gestrichen h. Was demnach die Geschwindigkeit betrifft, mit welcher der Schall eines andern schwingenden Körpers durch diese Gasarten würde verbreitet werden, so würden sie sich allem Ansehen nach wie die hier angegebenen Töne verhalten; es würde also, bey einerley Druck und bey einer von 10 bis 11 Reaumür. Grade nicht allzusehr verschiedenen Temperatur, der Schall in einer Sekunde durch folgende Weiten gehen:

In atmosphärischer Luft, wie auch in einer ähnlichen künstlichen Mischung von Sauerstoffgas und Stickgas ungefähr durch — 1038 Par. Fuß
In Sauerstoffgas ungefähr durch — 950 bis 960 Fuß
In Stickgas - - 990 Fuß
In Wasserstoffgas - - 2100 bis 2500 Fuß
In kohlensaurem Gas - 840 Fuß
In Salpetergas - - 980 Fuß.

Hievon würden die nach der gewöhnlichen Theorie zu findenden Geschwindigkeiten um ein Beträchtli-

ches abweichen. Daher glaubt Herr Chladni, daß die Geschwindigkeit der Schwingungen einer elastischen Flüssigkeit nicht von der specifischen Elasticität allein, sondern noch außerdem von einer andern chemischen Eigenschaft derselben abhange, die wohl eine nähere Untersuchung verdiene.

Diese Versuche des Herrn Chladni wurden im Pariser Bulletin des sciences (Pluviose, an 6.) und im Journal de physique (Messidor 1. an 6.) etwas unvollkommen und zum Theil unrichtig angeführt. Dadurch ward Herr Perolle veranlaßt, in einem Schreiben an de la Metherie (im 5ten Theile des Journal de phys. p. 455.) seinen Behauptungen zu widersprechen, wobey er sich auf die von ihm angestellten und vorhin erwähnten Versuche beruft. Allein Herr von Arnim p) hat diesen nur auf einem bloßen Mißverstande beruhenden Widerspruch berichtigt. Die Versuche des Herrn Chladni dienen nämlich bloß dazu, um die Geschwindigkeit der Schwingungen einer Gasart zu erforschen; die Versuche von Perolle aber betreffen die Stärke, mit welcher die Schwingungen eines andern elastischen Körpers durch die Gasarten fortgeleitet werden.

Ueber die Fortpflanzung des Schalls durch feste und flüssige Körper waren bisher noch wenig Untersuchungen angestellt worden. Herr Wünsch q) glaubte, daß sich der Schall durch feste Körper augenblicklich fortpflanze; er fügte nämlich 36 Dachlatten, jede

p) Gilbert's Annalen der Physik. B. III. St. 2. S. 193. f.

q) Sammlung deutsch. Abhandl., welche in der königl. Akad. der Wissenschaft. vorgelesen worden in den Jahren 1788 und 1789. Berlin 1793. 4.

de zu 24 Fuß Länge, mit Zapfen an einander, und hieng diese Verbindung horizontal auf, so daß ihre beyden Theile Schenkel eines rechtwinklichten Dreyecks bildeten, dessen Hypothenuse 620 Fuß lang war. Das Ohr am Ende der Latten hörte den Schlag des Hammers auf das andere Ende durch die Latten in demselben Augenblicke, durch die Diagonale in der Luft aber ½ Sekunde später. Der Schall geht daher durch an einander liegende elastische Körper um ein beträchtliches schneller, als durch die Luft. Ob aber daraus geschlossen werden könne, daß der Schall durch solche Körper eben so schnell, wie das Licht, sich fortpflanze, das läßt sich bey einer so geringen Entfernung nicht ausmachen.

Ueber die Stärke des Schalls in verschiedenen tropfbaren flüssigen Materien hat Perolle zuerst Versuche angestellt [r]). Er hieng eine Taschenuhr, an welcher die Fugen mit Wachs verklebt waren, an einen Faden in einem Gefäße auf, das mit der zu untersuchenden Flüssigkeit angefüllt war, und bemerkte, bis zu welcher Entfernung der Schall noch hörbar war; diese Entfernung war in der Luft 8 Fuß, in Wasser 20, in Olivenöl 16, in Terpentinöl 14, in Weingeist 12 Fuß. Bey Wiederhohlung dieser Versuche waren die Resultate nicht immer eben dieselben. Hierdurch wurde Perolle überzeugt, daß durch den Schall alle diese Flüssigkeiten stärker, als die Luft, erschüttert werden, welche Erschütterung auch sowohl an dem Gefäße, als an dem hölzernen Tischchen, auf dem es stand, sehr merklich war, wobey aber

r) Mémoir. de l'Academ. de Turin 1790–1791. und Gilbert's Annalen der Phys. B. III. St. 2. S. 172.

aber die Oberfläche des Wassers ruhig blieb. In jeder dieser Flüssigkeiten erhielt der Schall eine andere Modifikation.

Ueber die Stärke, mit welcher der Schall durch verschiedene feste Körper fortgeleitet wird, hat Perolle [s]) viele Versuche angestellt. Er fand z. B., daß der Schlag einer Taschenuhr, der bey verstopften Ohren kaum 2 Linien weit gehört werden konnte, in einer ziemlichen Entfernung noch zu hören war, wenn das eine Ende eines festen Körpers an die Uhr, und das andere an solche feste Theile des Kopfs gestemmt ward, die den Schall am besten bis zum Gehörorgan leiten konnten, so daß alle von ihm untersuchten Körper den Schall stärker, als die Luft, annahmen und mittheilten. Die hölzernen Stäbe folgten in dieser Ordnung: Tannen, Campesche, Buchsbaum, Eiche, Kirschbaum, Kastanie. Metallene Stäbe leiteten etwas schwächer, und in folgender Ordnung: Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Zinn, Bley. Sodann folgten Fäden oder Schnüre von Darm, Haaren, Seide, Hanf, Leinen, Wolle, Baumwolle. Auch hat er Zink, Antimonium, Glas, Salz, Gyps, getrockneten Thon und Marmor untersucht; letzterer leitete unter allen von ihm untersuchten festen Materien am schlechtesten.

Herr von Arnim [t]) unternahm es, Gesetze für die Stärke der Schallfortpflanzung durch feste und flüssige Körper zu bestimmen. Er glaubte bewiesen zu haben,

s) Ibid. 1791–1792. Voigt's Magazin für Phys. und Naturg. B. X. St. 2. S. 39. Gilbert's Annalen der Phys. B. III. St. 2. S. 168.

t) Gilbert's Annalen der Physik. B. IV. S. 112. f.

haben, daß Elasticität und elastische Schwingung nur durch Cohärenz möglich sey, und daraus folgerte er, daß auch die Stärke der Schallfortpflanzung durch verschiedenartige Körper mit ihrer Cohärenz in Verhältniß stehen müsse. Dieser Satz ließ sich am besten an den so homogenen Stoffen, wie die Metalle sind, prüfen:

	Folge nach der Cohärenz.	Folge nach der Stärke der Schallfortpflanzung nach Perolle.
Sickingen	Eisen	Eisen
— —	Kupfer	Kupfer
— —	Silber	Silber
— —	Gold	Gold
Musschenbroek	Zinn	Zinn
— —	Bley	Bley.

Hiernach stimme also die Erfahrung mit der Theorie vollkommen überein; ein Erfolg, der nicht wenig Zutrauen zur weitern Ausdehnung derselben einflößen müsse. Zwar könne jenes Gesetz eigentlich auf Holzarten nicht ausgedehnt werden, da sie keine homogene Stoffe wären; doch finde man auch eine Bestätigung an dem Fichten- und Tannenholze, welches in seiner ganzen Struktur sehr mit einander übereinstimme. Jenes wurde nach Musschenbroek's Versuchen durch 550 Pfund, dieses erst durch 600 Pfund getrennt.

Eben so schön stimme die Folge der Schnüre verschiedener Art mit diesem Gesetze überein. Zwar hätten wir keine genaue vergleichende Versuche in Rücksicht ihrer Cohärenz, aber die tägliche Erfahrung habe uns darüber hinlänglich belehrt, und er glaube nicht, daß diese, außer bey der Wolle und Baumwolle, die ihre Stellen vertauschen müßten, etwas dagegen zu erinnern hätte.

So verschieden die Schallfortpflanzung durch flüssige und feste Körper sey, da diese in eine elastische Schwingung versetzt würden, jene hingegen eine Bewegung empfiengen und fortpflanzten, eben so verschieden werde auch das Gesetz für die Stärke des Schalls in den festen Körpern seyn. Da die Größe der Bewegungen im Allgemeinen, und so auch hier der Bewegung der Flüssigkeit, dem Produkte aus der Masse und der Geschwindigkeit gleich sey; so würden auch die Größen der Bewegung verschiedener Flüssigkeiten, welche durch gleiche Ursachen in Bewegung gesetzt würden, sich wie die Produkte verhalten. Sobald aber diese Flüssigkeiten nicht selbst auf eine wahrnehmbare Art mit der Geschwindigkeit des Schlags den Ton desselben veränderten, so würden die Geschwindigkeiten in beyden Produkten, wo die Uhr von gleichen Kräften bewegt werde, gleich seyn; die Größen der Bewegungen würden sich daher verhalten, wie die Massen. Da ferner die Oberflächen der Uhr, also die Volumina der Flüssigkeiten, gleich sind, so würden sich die Größen der Bewegung verschiedener Flüssigkeiten unter den angegebenen Umständen, wie die specifischen Gewichte der Flüssigkeiten verhalten.

Hier fänden wir wiederum die schönste Uebereinstimmung mit der Erfahrung, aus der schon Priestley für luftförmige Flüssigkeiten denselben Schluß gezogen hätte. Auch Perolle's Versuche bestätigten es, doch mit Ausnahme des kohlensauren Gas. Auf die Vergleichung der Stärke des Schalls in luftförmigen und tropfbar-flüssigen Körpern lasse sich jenes Gesetz nicht unmittelbar anwenden, da aus Perolle's Versuchen, nach welchen sie nicht bloß die Stärke des Tons, sondern auch selbst den Ton verwan-

wandeln, hervorgehe, daß sie die Geschwindigkeit der Uhr veränderten, und zwar beträchtlich verzögerten. Am wenigsten würden uns aber Perolle's Versuche zu dieser Vergleichung genügen, da dort nicht die ganze Entfernung des Beobachters von der Uhr, sondern nur der Zwischenraum zwischen der Uhr und dem Glase, worin sie lag, in Betrachtung gezogen werde. Ungeachtet dieser beyden entgegenwirkenden Ursachen sey doch der Ton in der Luft bey einer Entfernung von 8 Fuß verschwunden; hingegen im Wasser erst bey einer Entfernung von 20 Fuß. Die Folge der tropfbar-flüssigen Körper stimme wiederum sehr gut mit dem Gesetze überein:

Folge nach Perolle's Versuchen.	Specif. Gewicht nach Musschenbroek.
Wasser	1,000
Oel	0,913
Terpentinöl	0,792
Weingeist	0,791

Zuletzt führt von Arnim noch ein Paar Erfahrungen von Zanotti und von sich an. Jener fand, ganz jenem Gesetze gemäß, daß der Ton in einem offenen Gefäße, dessen Luft erwärmt war, wo also ohne die absolute Expansion zu ändern das specifische Gewicht vermindert wurde, viel schwächer war. Zur Prüfung des Gesetzes für feste Körper machte er den Versuch, nachdem er beyde Ohren verstopft, und die Verbindung mit einer Taschenuhr durch einen dünnen Messingdrath gemacht hatte, diesen durch ein untergesetztes Licht bis zum Glühen zu erhitzen. Der Ton wurde dadurch sehr geschwächt, und er konnte die einzelnen Anschläge der Spindellappen kaum mehr unterscheiden, bis endlich der Drath riß. Diesen Versuch hatte er einige mal wiederhohlt, und er bestätigte

te ebenfalls das vorhergehende von ihm angeführte Gesetz.

Herr Chladni u) hat zuerst eine Theorie der Geschwindigkeit des Schalls durch feste Körper entworfen. Ob die Richtung, in welcher die einem festen Körper mitgetheilten Schwingungen geschehen, longitudinal oder transversal ist, kann, nach Chladni, sowohl von der Gestalt des mitklingenden Körpers, als auch von der Richtung, nach welcher er von dem schallenden Körper gestoßen wird, abhängen. Hat der Körper, dem die Schwingungen mitgetheilt werden, eine stabförmige Gestalt, so wird er in beyderley Richtungen mit gleicher Leichtigkeit schwingen; ist er aber eine dünne Fläche, wie z. B. ein Resonanzboden, so wird er geneigter seyn, transversal zu schwingen. Uebrigens möchten wohl in den meisten Fällen durch die bey etwas starken Transversalschwingungen seitwärts geschehende Drehung der schwingenden Theile auch Longitudinalschwingungen, d. i. Zusammenziehungen und Ausdehnungen nach der Richtung der Länge, erregt werden können. Wird ein Körper, der in beyden Richtungen zu schwingen im Stande ist, von dem schallenden Körper nach der Richtung der Länge gestoßen, so werden eher Longitudinalschwingungen, durch Stöße in die Quere aber eher Transversalschwingungen hervorgebracht werden. Auf die Beschaffenheit der Schwingungen des schallenden Körpers selbst, ob diese nämlich in die Länge oder in die Quere geschehen, kann hier nichts ankommen.

Die Geschwindigkeit, mit welcher der Schall durch feste Körper verbreitet wird, möchte sich, in so fern

u) Voigt's Magazin für den neuest. Zust. der Naturk. B. I. St. 1.

fern es Longitudinalschwingungen sind, nach Chladni am besten so bestimmen lassen. Da der Schall durch eine Strecke freyer Luft in eben der Zeit fortgeht, in welcher diese Luftstrecke als selbstklingender Körper (in einer an beyden Seiten offenen Pfeife) eine Longitudinalschwingung macht; da auch feste Körper in Ansehung ihrer Longitudinalschwingungen sich nach eben den Gesetzen richten, wie die Luft; so kann man füglich annehmen, daß in jeder festen sowohl als ausdehnbar flüssigen Materie der Schall in eben der Zeit sich verbreitet, in welcher sie, als selbstklingender Körper betrachtet, eine Longitudinalschwingung macht. Jeder feste Körper wird also nach diesen Voraussetzungen den Schall um eben so viel geschwinder fortleiten, als der Ton, welchen er bey seinen Longitudinalschwingungen giebt, bey gleicher Länge dieses Körpers höher ist. Die Geschwindigkeiten werden also, sowohl unter sich, als gegen die Luft betrachtet, ungefähr in den Verhältnissen stehen, wie die oben angeführten Töne bey den Longitudinalschwingungen. Nun ist der Ton eines Stabes von Zinn ungefähr um zwey Oktaven und eine große Septime höher, als der Ton einer eben so langen Luftstrecke in einer offenen Pfeife; der Ton eines Stabes von Silber ist um drey Oktaven und einen ganzen Ton; eines Stabes von Kupfer beynahe um drey Oktaven und eine Quinte; von Eisen und Glas, welche unter allen von Chladni untersuchten Materien nebst dem Tannenholze am schnellsten schwingen, um vier Oktaven und einen halben Ton höher u. s. w. Wenn man also eine hinlänglich lange und gleichförmig zusammenhängende Strecke von einer solchen Materie hätte, so würde die Geschwindigkeit der Verbreitung durch Zinn $7\frac{1}{2}$, durch Silber 9, durch Kupfer beynahe 12, durch Eisen und Glas unge-

ungefähr 17, durch verschiedene Hölzer ungefähr zwischen 11 und 17, durch gebrannten Thon 10 bis 12mal größer seyn, als die Geschwindigkeit der Verbreitung des Schalls durch die Luft.

Echo und Sprachrohr.

Die meisten Physiker haben das Echo nach den Gesetzen der zurückgeworfenen Strahlen des Schalls zu erklären gesucht; allein la Grange x) hat zuerst eine richtigere Vorstellungsart davon gegeben, und gezeigt, daß, wie schon d'Alembert in der Encyclopédie bemerkt hatte, eine der Katoptrik ähnliche Katakustik oder Kataphonik ein Unding sey. Nachher hat Leonh. Euler y) die richtige Theorie des Echo vorgetragen. Es war nämlich aus der Erfahrung längst bekannt, daß oft an solchen Orten kein Echo wahrgenommen wird, wo man es der Regel nach hätte erwarten sollen; im Gegentheil da ein Echo gehört wird, wo man es gar nicht vermuthete. Da also in vielen Fällen ein Echo entsteht, wo eine hinreichend lange von der übrigen Luft nach den Seiten zu abgesonderte Luftstrecke sich an keinen festen Gegenstand stemmt, sondern bloß durch die freye Luft begrenzt ist, so folgt, daß das Echo überhaupt nicht sowohl durch Reflexionen, als vielmehr durch andere Ursachen bewirkt werde.

Alle Wiederhohlungen eines einfachen Schalls beruhen darauf, daß die Verdichtungen der Lufttheile, und

x) Recherches sur la nature et la propagation du son, sect. II. cap. 2. (in den Miscellan. Taurinens. T. I. 1759.)

y) Mémoir. de l'Acad. de Berlin. 1765. und in der Abhandl. De motu aëris in tubis cap. II. in Nov. Comment. Acad. Petrop. T. XVI.

und die Geschwindigkeiten, womit ein jeder sich aus seiner natürlichen Lage durch einen sehr kleinen Raum hin und wieder bewegt, durch irgend einen Umstand verhindert werden, gleichförmig, wie bey der gewöhnlichen Verbreitung des Schalls, mit einander fortzurücken. Da eingeschlossene und freye Luft sich in ihren Schwingungen nach einerley Gesetzen richten, so werden die Fälle, in welchen durch einen verschiedenen Gang der Verdichtungen und der Geschwindigkeiten eine oder mehrere Wiederhohlungen des Schalls veranlaßt werden, sich am besten übersehen lassen, wenn man mit Euler'n untersucht, wie eine Luftstrecke, welche in einer Röhre enthalten ist, oder überhaupt eine Luftstrecke, die man auf irgend eine Art isolirt oder von der übrigen Luftmasse abgesondert sich vorstellt, unter verschiedenen Umständen nach einem erhaltenen einfachen Stoße schwingen würde. Ob nun eine solche Röhre gerade oder gekrümmt, weit oder enge gedacht wird, ist einerley. Ist die Röhre nach beyden Seiten zu unendlich lang, so werden die Verdichtungen und Geschwindigkeiten immer in gleichen Verhältnissen fortrücken, es wird also in demselben Augenblicke, da bey dem Rückgange der Bewegung die Geschwindigkeit = 0 wird, auch die natürliche Dichtigkeit wieder hergestellt, und folglich kein Grund vorhanden seyn, warum mehrere Schwingungen erfolgen könnten; man wird also nur einen einfachen Schall hören, und zwar, wenn p den Abstand des Ohrs von der Stelle, wo der Schall hervorgebracht wird, und k den Raum, durch welchen der Schall in Einer Sekunde geht, bedeutet, nach Verlauf von $\frac{p}{k}$ Sekunden. Dieß ist der Fall bey der gewöhnlichen Verbreitung des Schalls, wo die

Luft nicht mehrere Schwingungen macht, als der Körper, welcher sie in Bewegung setzt. Wenn aber die Röhre entweder nach einer Seite zu, oder nach beyden begrenzt ist, so gehen die Verdichtungen und Geschwindigkeiten der Lufttheile, welche in Bewegung gesetzt werden, in ungleichen Verhältnissen fort, es wird also bey dem Rückgange die Verdichtung und Geschwindigkeit nicht in demselben Augenblicke $= 0$, sondern die Bewegung muß weiter fort und mehreremal vor- und rückwärts gehen, so lange, bis dieses erfolgt oder die Bewegung wegen anderer Hindernisse aufhören muß. Ein solches begrenztes Ende der Röhre kann aber entweder offen oder verschlossen seyn; wäre es offen, so behält an dieser Stelle die Luft wegen ihres Zusammenhangs mit der äußern Luft immer die natürliche Dichtigkeit, der Grad der Geschwindigkeit sey, welcher er wolle; wäre es verschlossen, so ist die Geschwindigkeit der Luft, weil sie nicht ausweichen kann, an dieser Stelle immer $= 0$, so sehr auch die Verdichtung zunehmen mag. Die verschiedenen Fälle, in welchen eine oder mehrere Wiederhohlungen eines einfachen Schalls gehört werden, sind also folgende:

1. In einer Röhre, welche an dem einen Ende (fig. 57.) a c begrenzt und offen, aber nach der andern Richtung e ins Unendliche ausgedehnt ist, wird ein innerhalb der Röhre bey l erregter Schall nur an dem offenen Ende a c einfach gehört, und zwar, wenn k die Weite bedeutet, durch welche der Schall in einer Sekunde geht, nach der Zeit $\frac{ld}{k}$ Sekunden. Weiter nach l zu, und sowohl in l selbst als auch hinter l, wird der Schall verdoppelt, so daß eine Resonanz,

sonanz, und, wenn man immer weiter von ac abwärts geht und lc immer größer wird, ein Echo entsteht. Man hört an jeder hinter l befindlichen Stelle e erst den ursprünglichen Schall nach der Zeit von $\frac{el}{k}$ Sekunden, und sodann, so wie auch in l selbst, einen zweyten Schall, welcher von dem erstern etwas verschieden ist, um $\frac{2el}{k}$ Sekunden später. Wenn el = 1040 Fuß ist, so ist es ein Echo von 2 Sekunden. Hier ist also ein Beyspiel eines einfachen Echo's, welches sich durch Reflexion nicht würde erklären lassen.

2. Wenn die Röhre an dem einen Ende ac begrenzt und verschlossen, nach der Richtung e aber unendlich lang ist, und an der Stelle l ein Schall erregt wird, so hört man ebenfalls, wenn l und c einander nahe sind, eine Resonanz, und je größer lc ist, ein desto deutlicheres einfaches Echo; es folgt nämlich sowohl in l selbst, als auch an jeder dahinter befindlichen Stelle e, der zweyte Schall dem ersten nach in Zeit von $\frac{2al}{k}$ Sekunden; die Erscheinung selbst, und die Zeit, in welcher beyde Schläge auf einander folgen, sind also eben so, wie in dem vorigen Falle, obgleich die Bewegung selbst etwas verschieden ist.

3. Wenn eine Röhre an beyden Enden begrenzt und offen ist, so entsteht durch einen an irgend einer Stelle l erregten einfachen Schall ein vervielfältigtes Echo, wo allemal jede 4ten Schläge einander ähnlich sind. Wenn das Ohr sich an dem einen Ende bey b befindet, so wird es nach der Zeit $\frac{bl}{k}$ den ursprüng-

lichen Schall hören, hierauf nach der Zeit $\frac{2al}{k}$ das erste Echo, das zweyte nach der Zeit $\frac{2bl}{k}$, das dritte wieder nach der Zeit $\frac{2al}{k}$, endlich das 4te wieder nach der Zeit $\frac{2bl}{k}$ Sekunden u. s. f. Der Schall wird also wiederhohlt werden in Zeiträumen, die abwechselnd $\frac{2al}{k}$ und $\frac{2bl}{k}$ Sekunden betragen. Wäre der Schall an der Stelle b selbst hervorgebracht worden, so würde man daselbst nur halb so viel Echo's hören, die in den Zeiträumen von $\frac{2bl}{k}$ auf einander folgten, so daß, wenn die Röhre ba 500 Fuß lang wäre, man in jeder Sekunde ein Echo hören würde.

Wenn der erste Schall in l erregt wird, und das Ohr sich an eben derselben Stelle befindet, so folgt das erste Echo dem ursprünglichen Schalle nach der Zeit $\frac{2bl}{k}$, hierauf das zweyte nach der Zeit $\frac{2al}{k}$, und das dritte durch zweyerley Bewegungen zugleich erregte und also vorzüglich starke und deutliche nach $\frac{2ba}{k}$ Sekunden; hierauf würden in eben derselben Ordnung wieder neue Echo's folgen, nach den Zeiten $\frac{2bl}{k}$, $\frac{2al}{k}$ und $\frac{2ba}{k}$ u. s. f. Wenn also der Punkt l sich

in

in der Mitte der Röhre befände, so würde man daselbst alle Echo's in gleichen Zeiträumen von $\frac{ba}{k}$ Sek. nach einander hören.

Befände sich das Ohr an irgend einer andern Stelle, so würde man die Zahl der Echo's noch mehr vervielfältigt hören, und in noch ungleichern Zeiträumen; nur in dem Falle, wenn l in der Mitte der Röhre und jene Stelle zwischen l und a wäre, würden alle 4 Echo's in gleichen Zeiträumen nach einander folgen.

Hier ist also wieder ein Beyspiel von einem Echo, und zwar von einem vielfachen, welches sich nicht durch Reflexionen erklären läßt.

4. In einer Röhre, die an beyden Enden begrenzt und verschlossen ist, erfolgen die Echo's in eben denselben Zeiträumen, wie in dem vorigen Falle, wo beyde Enden offen sind.

5. Wenn die Röhre an beyden Enden begrenzt, und an dem einen Ende offen, an dem andern aber verschlossen ist, so entsteht ein vielfaches Echo, wo jedesmal jeder 8te Schlag, oder wenn der Schall an dem verschlossenen Ende hervorgebracht und an dem offenen Ende gehört wird, jeder 4te Schlag mit einander übereinstimmt.

Von diesen angeführten Fällen wird der erste, wo eine Röhre an einem Ende begrenzt und offen, nach der andern Richtung aber unendlich lang ist, in der Erfahrung nicht statt finden, außer wenn man sich statt einer unendlich langen Ausdehnung eine so große Ausdehnung, daß der Schall nicht merklich bis an das andere Ende wirken kann, vorstellt. So wird

z. B. in einem sehr langen Stollen, nachdem man mehr oder weniger von dem Ende, wo er zu Tage ausgeht, sich entfernt, eine einfache Wiederhohlung des Schalls, wenn andere Umstände es nicht verhindern, als Resonanz oder als Echo gehört werden.

Der zweyte Fall, wo in einer Röhre, die an dem einen Ende begrenzt und verschlossen, an dem andern aber unendlich lang ist, sich eine einfache Wiederhohlung zeigt, kommt in der Erfahrung am häufigsten vor. Da nämlich freye und eingeschlossene Luft sich in ihren Schwingungen nach einerley Gesetzen richten, so gehören hieher alle die Fälle, wo in freyer Luft ein fester Gegenstand, z. B. eine hohe Mauer, ein Wald, oder eine Felsenwand der Richtung des Schalls entgegensteht, und also eine Luftstrecke nach dieser Richtung als begrenzt und nach der entgegengesetzten als unbegrenzt anzusehen ist. Auf die Ebenheit oder Glätte der Fläche, an welche sich die Luftverdichtung stemmt, scheint gar nichts anzukommen, indem man oft in rauhen Wildnissen, wo nirgends eine ebene und glatte Fläche ist, die besten Echo's antrifft, und bisweilen auch ein gegenüberstehender Wald schon ein ziemlich gutes Echo giebt. Es scheint mehr darauf anzukommen, ob die gegenüberstehende Fläche im Ganzen eine hierzu vortheilhafte Gestalt habe, damit eine beträchtliche Luftmasse sich bey ihren Verdichtungen gleichförmig dagegen stemmen könne.

Der dritte Fall, wo eine Röhre an beyden Enden begrenzt und offen ist, zeigt sich bey bedeckten, besonders bey gewölbten Gängen und Gallerien, die an beyden Enden offen sind, wie auch schon einiger Maaßen in engen und langen Schluchten zwischen zwey Felsenwänden, oder auch in andern etwas tie-

fen

fen und schmalen Hohlwegen, wo man gemeiniglich einen Nachhall des Schalls bemerkt, welcher sich bey einer hinreichenden Länge als Echo zeigen müßte, und nicht etwa aus Reflexionen von den nahe bey einander befindlichen Wänden, sondern aus mehreren der Länge nach gehenden Schwingungen zu erklären ist.

Der vierte Fall befindet sich in solchen bedeckten Gängen oder sehr langen Sälen, die an beyden Enden verschlossen sind. Auch gehören hieher solche vielfache Echo's in freyer Luft, wo große Flächen, z. B. zwey Felsenwände oder hohe Gebäude, in einer hinlänglichen Entfernung einander gegenüber stehen, und also die Verdichtungen der dazwischen befindlichen Luftstrecke sich abwechselnd gegen beyde Flächen stemmen.

Der fünfte Fall kann sich in solchen bedeckten oder gewölbten Gängen zeigen, die an dem einen Ende offen sind, wie auch bisweilen in freyer Luft an großen Gebäuden, wo das Hauptgebäude quer vorsteht, und auf beyden Seiten rechtwinklicht mit hohen und langen Seitengebäuden zusammenhängt.

Die im Th. IV. S. 268. angeführte Abhandlung des Hrn. Lambert ist von Hrn. Prof. Huth in's Deutsche übersetzt unter dem Titel: Lambert's Abhandlung über einige akustische Instrumente. Berlin 1796. 8., mit einigen Zusätzen herausgegeben worden. Der erste Zusatz handelt vom sogenannten Horn Alexanders des Großen. Herr Huth hat nach Kirchner's Zeichnung ein solches Werkzeug aus Blech etwas kleiner verfertigen lassen, und gefunden, daß es als Sprachrohr beträchtliche Wirkung that, besonders wenn am Ausgange und Eingange durch schiefwinklicht eingesetzte Bleche dem Schalle noch mehr die gehörige Richtung gegeben ward. Der zweyte Zusatz

enthält Erfahrungen über ein elliptisches Sprachrohr; der Schall ward dadurch nur wenig verstärkt, aber klingender, es zeigte sich mehr als ein gutes Hörrohr. Im dritten Zusatze empfiehlt er eine Anwendung der Sprachröhre statt der Telegraphen; er zeigt nämlich, daß wenn man in gehörigen Entfernungen Stationen für starke Sprachröhre anlegte, dadurch mit nicht allzugroßen Kosten Nachrichten in die Ferne eben sowohl als durch Telegraphen befördert werden könnten, und zwar auch zu solchen Zeiten, wo wegen trüber Witterung kein Telegraph gebraucht werden kann.

Auch befinden sich einige Bemerkungen über Sprachröhre in *Matthew Young's* Enquiry into the principal phaenomena of sounds and musical strings. Dublin 1784. P. I. sect. II.

Sprachgewölbe oder Sprachsäle.

Ueber diesen Gegenstand finden sich einige Belehrungen, besonders in Ansehung der Schauspielhäuser, in einer kleinen Schrift von J. G. Rhode [z]). Ein Gebäude kann zu dieser Absicht eingerichtet werden:

1. Durch Beförderung einer gleichförmigen und ungehinderten natürlichen Verbreitung des Schalls.

2. Durch künstliche Verstärkung desselben, welches entweder durch Mitklingen anderer Körper oder durch Brechungen des Schalls geschehen kann.

Herr Rhode bemerkt, daß wenn die Sitze in einem Schauspielhause stufenweise über einander angelegt sind, keine Rückwirkung des Schalls bemerkbar

z) Theorie der Verbreitung des Schalls für Baukünstler. Berlin 1800. 8.

bar seyn könne, weil der Schall nirgends in einem Zeitmomente eine Widerstandsmasse antrifft, von der eine so starke Rückwirkung möglich wäre, daß sie dem Gehöre bemerklich würde, indem der Schall früher an die erste Sitzreihe anschlägt, als an die zweyte, und die Rückwirkung der erstern verloren ist, ehe die der zweyten entsteht u. s. f. Er empfiehlt also für Schauspielhäuser dieser Art den Halbkreis als die beste Form, jedoch bloß unter der Bedingung, daß die Sitze der Zuhörer amphitheatralisch, d. i. stufenweise über einander angelegt werden, wobey er auch die gewöhnlichen Einwürfe gegen diese Einrichtung der Sitze widerlegt. Da aber der Halbkreis zu klein seyn dürfte, als daß er viel Zuschauer fassen könnte, so hat man den Kreis in die Länge gezogen, und daraus ist die jetzt gewöhnliche ovale Form entstanden. Herr Rhode schlägt aber eine zweckmäßigere Form vor, welche von den Ruinen eines Theaters zu Athen entlehnt ist, und sich auch durch Bequemlichkeit und durch architectonische Schönheit empfiehlt. In demselben sind die Sitze der Zuschauer nach einem weit größern Zirkel angelegt, als die Oeffnung der Bühne giebt, und nach der Richtung der Seitenwände der Bühne an beyden Seiten abgeschnitten, wobey die durch diese zweckmäßige Form an beyden Seiten entstehenden geraden leeren Wände auch vieles zur Verstärkung des Schalls beytragen müssen, so daß der Raum ohne Nachtheil des Schalls sehr vergrößert werden kann.

Die erste Art, wie eine künstliche Verstärkung des Schalls in einem Gebäude hervorgebracht werden kann, ist durch das Mitklingen anderer Körper. Das zweyte und unstreitig das vorzüglichste Mittel, um

 in

in einem zum Hören bestimmten Gebäude den Schall zu verstärken, ist die Brechung desselben. In Ansehung der Schauspielhäuser bemerkt Herr Rhode, daß die Baumeister und die Schriftsteller über diesen Gegenstand sich gewöhnlich von der Brechung einen ganz falschen Begriff gemacht, und geglaubt haben, sie müsse in einer Rückwirkung gegen die Bühne hin bestehen, da doch vielmehr eine jede solche Zurückbrechung nachtheilig ist, und ganz das Gegentheil von dem bewirkt, was man beabsichtigt. In Theatern, die nicht gar zu klein sind, würde nähmlich an den meisten Stellen die Rückwirkung erst geschehen, wenn die Wirkung des ersten Schalls schon vorüber wäre, so daß also mehr ein die Rede undeutlich machender Wiederhall, als eine wahre Verstärkung entstehen würde, wie man dieses in vielen Theatern von runder oder ovaler Form bemerkt. Der Schall muß vielmehr von der Bühne weg gegen die Zuhörer gebrochen werden. Die meisten Schauspielhäuser, so wie auch die meisten von Schriftstellern gegebenen Plane sind für diese Absicht ganz und gar nicht vortheilhaft, so daß es zu verwundern ist, daß man die Gesetze der Communications= und Sprachröhre nicht besser darauf angewendet hat. Das vorzüglichste Erforderniß zu dieser Absicht sind gerade Seitenwände, die von der Oeffnung der Bühne an entweder parallel mit einander, oder nach divergirenden Richtungen gehen können, ohne Seitenlogen und ohne Hervorragungen, so daß deren Verzierungen bloß in Mahlereyen bestehen dürfen, nebst einer nicht allzuhohen Decke, welche mit dem Boden parallel gehen könnte. Die Hinterwand kann am schicklichsten durch einen Zirkelbogen geschlossen seyn.

Ein

Ein großes Hinderniß der Verbreitung des Schalls bey der gewöhnlichen Einrichtung der Schaubühnen ist die Richtung der Coulissen, welche so beschaffen sind, daß der Schall von ihnen gar nicht gegen die Zuhörer gebrochen werden kann, sondern vielmehr ganz verschluckt wird, so daß, wenn der Schauspieler etwas von der Oeffnung der Scene zurückspricht, nichts weiter davon übrig bleibt, als was vermöge der natürlichen Verbreitung desselben den Zuhörern entgegen schallt. Herr Rhode äußert, daß man anstatt der Coulissen die bekannten Drehmaschinen der Alten mit Vortheil gebrauchen könne, welche dreyeckig und an den Seiten eben so wie die Coulissen bemahlt, oder mit bemahlter Leinwand bekleidet seyn können, wobey noch mehr Leichtigkeit und Geschwindigkeit der Veränderungen und weniger Irrung in den Decorationen, als bey der gewöhnlichen Einrichtung, statt fände. Diese würden so gedreht werden können, daß sie nach Beschaffenheit der Umstände entweder ganz oder wenigstens an der Oeffnung der Bühne eine feste Wand bildeten, wodurch die Verbreitung des Schalls von der Bühne weg gegen die Zuhörer sehr befördert werden würde.

Drittes Kapitel.

Von den Meynungen und Entdeckungen, welche das Weltgebäude überhaupt betreffen.

Newton's System des Himmels ist in diesem Zeitraume durch so viele Beobachtungen bestätigt worden, daß es im mathematischen Theile der Naturlehre den ersten Rang behauptet. Hiezu hat besonders die fast unglaubliche Vervollkommnung der Spiegelteleskope beygetragen, vermittelst welcher vorzüglich die Herren Herschel, Bode, von Zach, Schröter, Piazzi, Olbers, la Lande und sein Neffe le François la Lande, und mehrere Andere die wichtigsten Entdeckungen und Beobachtungen gemacht haben, welche Newton's Lehre eine unerschütterliche Festigkeit geben. Die Bemühungen aller dieser Herren, wodurch das Newton'sche System so viele Berichtigungen erhielt, lagen zerstreuet da, und es war nöthig, ein neues System des Himmels auszuarbeiten. Dieß Geschäft wurde endlich auch durch Herrn la Place in seiner vortrefflichen Mécanique céleste ausgeführt, nachdem er schon vorher diese Theorie in mehreren Abhandlungen [a]) und in einem vorläufigen Werke [b]) vorgetra-

a) Théorie du mouvement et de la figure elliptique des planètes. à Paris 1784. Théorie des attractions des sphéroides et de la figure des planètes. 1785. und in den Mémoir. de l'Acad. des scienc.

b) Darstellung des Weltsystems, aus dem Französ. übers. Frankf. am M. 1797. 8. 2 Theile.

getragen hatte. Ueberhaupt hat la Place durch eine fruchtbare Anwendung der Kunstgriffe in der mathematischen Analyse einige bisher noch strittige Punkte im Laufe der Himmelskörper sehr glücklich berichtigt, und andere Ungleichheiten, welche nach Verlauf von Jahrhunderten bemerkbar sind, entdeckt.

So sehr man auch die himmlischen Begebenheiten mit Newton's System übereinstimmend fand, so blieben doch bisher die Veränderungen in den mittleren Bewegungen der Planeten unerklärbar. Viele hatten sie aus dem Widerstande eines ätherischen Mittels, Andere aus der Einwirkung der Kometen abzuleiten gesucht. Selbst la Place, welcher gefunden hatte, daß die mittleren Bewegungen der Bewegungen völlig unverändert blieben, hatte anfänglich vermuthet, die mittleren Bewegungen des Jupiters und Saturns dürften von der Wirkung der Kometen herrühren. Allein als er weiter darüber nachdachte, schien ihm der Gang der beobachteten Veränderungen in den mittleren Bewegungen dieser Planeten mit ihrer gegenseitigen Attraction so wohl übereinzustimmen, daß er keinen Anstand nahm, die Hypothese von jeder fremden Einwirkung zu verwerfen.

La Place ward nämlich durch die verschiedenen Resultate, welche verschiedene Mathematiker zur Bestimmung der beobachteten Ungleichheiten in den mittleren Bewegungen der beyden Hauptplaneten, Jupiter und Saturn, gefunden hatten (Th. IV. S. 315. f.), veranlaßt, diesen Gegenstand aufs neue zu untersuchen. Er wandte die größte Sorgfalt auf seine Erörterung, und so gelangte er zu dem wahren analytischen Ausdrucke der seculairen Ungleichheit der mittleren Bewegung der Planeten. Da er in demselben

die

die Zahlenwerthe für den Jupiter und Saturn an die gehörigen Stellen setzte, sahe er mit Verwunderung, daß er auf Null gebracht wurde. Er vermuthete, daß dieß nicht bloß bey diesen Planeten zutreffen dürfte, und daß, wenn man diesen Ausdruck auf die möglichst einfachste Form brächte, dadurch, daß man die verschiedenen darin enthaltenen Größen vermittelst der zwischen ihnen statt findenden Verhältnisse auf die kleinste Zahl zurückführte, alle Glieder desselben einander aufheben dürften. Die Rechnung bestätigte diese Vermuthung, und lehrte ihn, daß überhaupt die mittleren Bewegungen der Planeten und ihre mittleren Entfernungen von der Sonne unveränderlich sind, wenigstens wenn man die Biquadrate der Eccentricitäten und der Neigungen der Bahnen, und die Quadrate der störenden Kräfte aus der Acht läßt. La Grange hat nachher dieß Resultat des la Place bestätigt, und durch eine sehr schöne Methode gezeigt, daß es selbst dann statt finde, wenn man auf Potenzen und Produkte von jeder Ordnung bey den Eccentricitäten und Neigungen Rücksicht nimmt.

La Place schloß also hieraus, daß die beobachteten Veränderungen in den mittleren Bewegungen des Jupiters und Saturns nicht von ihren secularen Ungleichheiten abhangen. Er bemerkt, daß die Beständigkeit der mittleren Bewegungen der Planeten und der großen Axen ihrer Bahnen eine der merkwürdigsten Erscheinungen des Weltsystems sey. Alle andere Elemente der elliptischen Planetenbahnen seyen veränderlich, und Beobachtungen stimmten darin überein, daß ihr Gang eben derselbe sey, wie er aus der Theorie der Schwere folge. Man könnte also vermittelst dieser Theorie den Beobachtungen vorgreifen, und

und die wahren Werthe der secularen Ungleichheiten der Planeten angeben, wenn ihre Massen genau bekannt wären. Aber wir kennten bis jetzt nur die Massen der von Trabanten begleiteten Planeten; die andern würden nicht eher genau bestimmt werden, als bis die Folge der Zeit diese Ungleichheiten zureichend entwickelt haben werde, um daraus die Größe dieser Massen mit Genauigkeit schließen zu können. Alsdann erst werde man in Gedanken zu den Veränderungen zurückgehen können, welche das Planetensystem nach einander erfahren habe; man werde diejenigen voraussehen können, welche künftige Jahrhunderte den Beobachtern darbieten würden, und der Geometer werde in seinen Formeln alle vergangenen und künftigen Zustände dieses Systems mit einem Blicke umfassen.

Hiebey sucht nun la Place folgende Fragen aufzuhellen: Sind die elliptischen Planetenbahnen immer ohngefähr kreisförmig gewesen, und werden sie es immer seyn? Sind nicht einige Planeten ursprünglich Kometen gewesen, deren Bahnen, vermöge der Attraction der andern Planeten, sich nach und nach dem Kreise genähert haben? Wird die Abnahme der Schiefe der Ekliptik so lange fortfahren, bis die Ekliptik mit dem Aequator zusammenfällt, welches eine beständige Gleichheit der Tage und Nächte auf der ganzen Erde zur Folge haben würde? Dem Herrn la Place ist es durch die Analyse gelungen, zu beweisen, daß, wie groß auch immer die Massen der Planeten seyn mögen, schon vermöge des einzigen Umstandes, daß sie alle nach einerley Richtung und in wenig eccentrischen und gegen einander wenig geneigten Bahnen sich bewegen, ihre secularen Ungleichheiten periodisch und in geraden Grenzen eingeschlossen

sind,

sind, so daß das Planetensystem bloß um einen gewissen mittleren Zustand Schwingungen macht, wovon es sich nie weiter als um eine sehr geringe Größe entfernt. Die elliptischen Planetenbahnen sind also immer beynahe kreisförmig gewesen, und werden es immer seyn; woraus folgt, daß kein Planet ursprünglich ein Komet gewesen ist, wenigstens wenn man bloß auf die gegenseitige Wirkung der Körper des Planetensystems Rücksicht nimmt. Die Ekliptik wird auch nie mit dem Aequator zusammenfallen, und die ganze Größe der Veränderung ihrer Neigung kann 2 Grade nicht übersteigen.

Hiernächst forschte nun la Place nach der Ursache, welche die beobachteten Veränderungen in der mittleren Bewegung der Planeten hervorbringt. Ein merkwürdiges Resultat der gegenseitigen Wirkung der Planeten war dieß, daß, wenn man bloß auf die Ungleichheiten von sehr langen Perioden sieht, die Summe der Massen aller Planeten, wenn sie stückweise durch die großen Axen ihrer Bahnen dividirt werden, immer sehr nahe beständig ist. Daraus folgt, daß, da die Quadrate der mittleren Bewegungen den Würfeln dieser Axen umgekehrt proportionirt sind, die Bewegung des Saturns durch Jupiters Wirkung beschleunigt werden müsse, und dieß ist den Beobachtungen gemäß.

Ueberdieß sahe la Place, daß das Verhältniß dieser Veränderungen das nämliche war, wie nach dem vorigen Satze. Setze man mit Halley die Verminderung der Bewegung des Saturns für das erste Jahrhundert, von 1700 angerechnet, auf 256″,94 nach der Decimaleintheilung, so wäre die dazu gehörige Beschleunigung des Jupiters 109″,80, und Halley habe

habe sie durch Beobachtungen 106″,02 gefunden. Es sey also sehr wahrscheinlich, daß die beobachteten Veränderungen in den mittleren Bewegungen des Jupiters und Saturns eine Folge ihrer wechselseitigen Einwirkung seyen. Und da es gewiß sey, daß diese Wirkung in denselben keine Ungleichheiten, weder beständig zunehmende noch periodische, hervorbringen könne, die eine Periode hielten, welche von der Stelle dieser Planeten unabhängig wäre, und daß sie in denselben keine andere Ungleichheiten hervorbringe, als solche, die sich auf diese Stellen bezögen; so sey es natürlich, zu denken, daß in ihrer Theorie eine beträchtliche Ungleichheit dieser Art vorhanden sey, deren Periode sehr lang ist, und aus welcher diese Veränderungen entstehen.

Die Ungleichheiten dieser Art vermehrten sich, ob sie gleich in den Differenzialgleichungen sehr klein, und beynahe unmerklich seyen, durch die Integration beträchtlich, und könnten in dem Ausdrucke der Länge der Planeten große Werthe erhalten. Es war ihm leicht, das Daseyn ähnlicher Ungleichheiten in den Differenzialgleichungen der Bewegungen des Jupiters und Saturns zu erkennen. Diese Bewegungen seyen sehr nahe commensurabel, und die mittlere Bewegung des Saturns fünfmal genommen sey dem Doppelten von der des Jupiters sehr nahe gleich. Daraus schloß er, daß die Stücke, welche das Fünffache der mittleren Länge des Saturns weniger dem Doppelten der des Jupiters zum Argument haben, durch die Integration sehr merklich werden könnten, ohngeachtet sie durch die Würfel und Produkte von drey Dimensionen der Eccentricitäten und der Neigungen der Bahnen multiplicirt wären. Er betrachtete daher die-

diese Stücke als eine sehr wahrscheinliche Ursache der beobachteten Veränderungen in den mittleren Bewegungen dieser Planeten. Die Wahrscheinlichkeit dieser Sache und die Wichtigkeit des Gegenstandes bestimmten ihn, die mühsame Rechnung vorzunehmen, welche nöthig war, um sich davon zu versichern. Das Resultat dieser Rechnung bestätigte seine Vermuthung gänzlich, indem es ihm zeigte, 1. daß in der Theorie des Saturns eine große Ungleichheit vorhanden sey, die in ihrem Maximum 9024″,7 beträgt und eine Periode von 917¾ Jahren hat; 2. daß die Bewegung des Jupiters einer übereinstimmenden Ungleichheit unterworfen sey, deren Gesetz und Periode die nämlichen sind, die aber, da sie ein entgegengesetztes Zeichen führt, sich nicht höher als auf 3856″,5 beläuft.

Auf diese zwey zuvor unbekannte Ungleichheiten müsse man die scheinbare Verminderung der Bewegung des Saturns und die scheinbare Beschleunigung der des Jupiters beziehen. Diese Erscheinungen hatten um das Jahr 1560 ihr Maximum erreicht. Seit dieser Epoche haben sich die scheinbaren mittleren Bewegungen dieser zwey Planeten ihren wahren mittleren Bewegungen genähert, und im Jahr 1790 sind sie ihnen gerade gleich gewesen. Nun sehe man also, warum Halley, da er die neuern Beobachtungen mit den ältern verglich, die mittlere Bewegung des Saturns langsamer, und die des Jupiters schneller gefunden habe, als durch die Vergleichung der neuern Beobachtungen unter sich, da im Gegentheil die letztern Lambert'en eine Beschleunigung in der Bewegung des Saturns und eine Verminderung in der des Jupiters gezeigt haben; und es sey merkwürdig, daß die von Halley und Lambert aus den bloßen

Be-

Beobachtungen hergeleiteten Größen dieser Erscheinungen sehr nahe dieselbigen sind, die sich aus den zwey eben erwähnten großen Ungleichheiten ergeben.

Das beynahe commensurable Verhältniß der Bewegungen des Jupiters und Saturns verursache noch andere sehr merkliche Ungleichheiten. Die beträchtlichste fällt auf die Bewegung des Saturns. Sie würde sich mit der Mittelpunktsgleichung vermischen, wenn das Doppelte der mittleren Bewegung des Jupiters dem Fünffachen von der des Saturns genau gleich wäre. Von ihr rühre auch größtentheils der in dem 18ten Jahrhundert beobachtete Unterschied zwischen den Zeiten der Zurückkunft des Saturns zur Frühlings- und Herbstnachtgleiche her. Ueberhaupt sahe la Place, nachdem er diese verschiedenen Ungleichheiten erkannt, und diejenigen, die schon vorher der Berechnung unterworfen worden waren, sorgfältiger als zuvor bestimmt hatte, daß alle beobachtete Erscheinungen in der Bewegung dieser zwey Planeten sich von selbst nach der Theorie bequemen, und da sie zuvor eine Ausnahme von dem allgemeinen Gesetze der Schwere zu machen schienen, so seyen sie nun zu einem der auffallendsten Beweise desselben geworden.

Sonne.

la Place giebt die Sonnenmasse 329809mal, Kästner aber 346230mal größer an, als die Erdmasse. letzterer berechnet hieraus die Dichtigkeit der Sonne = 0,24129 von der Erde, die Schwere auf der Oberfläche der Sonne 27,215mal so groß als auf der Erdfläche, und den Fall in einer Sekunde 409,64 Fuß.

Was die Sonnenflecken betrifft, so besitzt nach Schröter's [c]) Beobachtungen die Sonne eine ihr eigenthümliche Atmosphäre, welche einer auf das Klima sich beziehenden Verdickung und Erheiterung fähig ist. Einige dunkele Flecken rühren von der Atmosphäre her, andere aber können wirkliche Theile der Sonne seyn. Einige der Sonnenstreifen oder Sonnenfackeln sieht er als Projektionen von Anhöhen und Abhängen an, andere hingegen betrachtet er als hebende Theile der Atmosphäre. Sonst giebt er der Meynung Beyfall, daß die Sonne planetenartig sey, und bloß eine Lichtatmosphäre um sich habe, von welcher sie ihren Glanz besitze. Nahe an der Sonne ist die Lichtatmosphäre am dichtesten, durchdringt aber mit ihren feinsten Theilchen einen beträchtlichen Theil des Sonnengebiets, und wird uns im Zodiakallicht sichtbar. Zunächst der Sonnenfläche vermischt sie sich mit der Atmosphäre der Sonne, daher die verschiedenen Erscheinungen der Sonnenflecken entstehen. Die Lichtatmosphäre ist an sich selbst unsichtbar, ihre Strahlen aber fallen theils durch die körperlichen Theile der eigentlichen Atmosphäre und der Sonne selbst in unsere Augen, und verursachen, daß wir sowohl die Sonne selbst, als auch ihre Atmosphäre verschiedentlich leuchten sehen, nachdem sie nämlich vermöge ihrer verschiedenen Bestandtheile das Licht lebhafter oder schwächer reflektiren. Aehnliche Gedanken hat auch der Rector Fischer in Halberstadt sowohl von der Sonnenatmosphäre, als auch von den Flecken geäußert.

Ein Paar Jahre darauf hat Herr Schröter [d]) einen merkwürdigen Sonnenflecken beobachtet, und da-

c) Bode astronomisches Jahrbuch für 1792.

d) Beobachtung eines merkwürdigen Sonnenfleckens nebst Be-

daben fernere Muthmaßungen über den Naturbau der Sonne mitgetheilt. Am 20ten Nov. 1795. gegen Mittag fiel ihm nämlich südöstlich nahe am Sonnenrande mit großer Deutlichkeit ein erhabenes Ringgebirge mit einem davon eingeschlossenen wirklich eingetieften Thale ins Gesicht, gerade so, wie er sie um eben die Zeit am Monde, nahe an der Erleuchtungsgrenze erblickte. Der erhabene und dem Mittelpunkte der Sonne zugekehrte Theil hatte in seiner offenbar erhobenen Projektion etwas helleres, und die davon eingeschlossene Fläche, welche sich als vertieft darstellte, ein etwas matteres Licht, als die übrige Sonnenfläche, auch in der Mitte einen schwarzen Fleck ohne alle Erhabenheit und Vertiefung. Der größte Durchmesser mit Einschluß des Ringgebirges betrug 36 Sekunden. Da dieß Ringgebirge, es mochte entweder ein wahres Gebirge der Oberfläche, oder ein scheinbares atmosphärisches Lichtgebirge seyn, unter allen Herrn Schröter bekannten Beobachtungen die höchste und deutlichste Projektion gab, so suchte er auf folgende Art die senkrechte Höhe desselben zu bestimmen. Stellt man sich nämlich ein Ringgebirge des Mondes vor, welches völlig eben so in der Sonne erscheinen soll, so müssen die Abmessungen desselben, z. B. Breite und Höhe, so vielmal größer seyn, als die Sonne entfernter, und ihr wahrer Durchmesser größer ist. Nun bringt er gemessene Höhen und Tiefen von Ringgebirgen im Monde bey, und da diese bey größtentheils gleicher Projektion doch be-

trächt-

Bemerkung über den Naturbau der Sonne aus einer Abhandlung des Herrn Schröter's in Voigt's Magazin für den neuesten Zustand der Naturkunde. B. I. St. 2. S. 114.

trächtlich verschieden ausfallen, so nimmt er ein Mittel aus 10 Höhen und 19 Tiefen. Setzt man nun die geographische Meile = 3811,6 Toisen, den wahren Durchmesser des Mondes = 465, und den der Sonne = 194490 geographische Meilen, so findet sich, der Voraussetzung gemäß, vom Ringgebirge der Sonne die senkrechte Höhe = 86,7 geographische Meilen, die senkrechte Tiefe der eingeschlossenen hohlen Fläche = 216,9; alles freylich nicht mit sonderlicher Gewißheit, wo Herr Schröter selbst die Ungewißheit aus einander setzt. Uebrigens läßt sich nicht entscheiden, ob das Ringgebirge nur eine Anhäufung von atmosphärischem Lichtstoffe, oder ein fester Theil des durch verdünnte Atmosphäre gesehenen Sonnenkörpers ist. Je länger Herr Schröter die Sonne beobachtet, desto bedenklicher wird er in Beurtheilungen; er ist aber doch wegen der Regularität und durchgehends richtigen Verhältnisse mehr geneigt, das Ringgebirge für etwas festes anzunehmen, obgleich die Abmessungen desselben für unsere geologischen Begriffe sehr groß sind, indessen für die Sonne immer noch kleiner, als die Abmessungen der Mondsberge, da 86 geographische Meilen nur $\frac{1}{226}$ des Sonnendurchmessers betragen. Setzt man den Durchmesser der feinen Lichtpunkte am Saturnusringe, wenn seine Ebene in der Ebene der Ekliptik liegt, nach Schröter's Beobachtungen nur $\frac{1}{3}$ Sekunde, den scheinbaren Durchmesser des Ringes in der Erdnähe 50 Sekunden, den wahren 40518 geographische Meilen, so giebt dieses Ungleichheiten, welche von der Ebene um 370 geographische Meilen abweichen. Alles dieß bestätigt die Hypothese, die Sonne sey ein fester mit einer leuchtenden Materie umgebener Körper.

Auch

Auch hat zu Ende des 18ten Jahrhunderts der Herr von Zach sehr genaue Sonnentafeln berechnet [e]). Seine Hauptabsicht hat er auf genauere Zeitbestimmung gerichtet, indem die bisher aus den Beobachtungen der Sonne abgeleitete Zeit wenig mit derjenigen, welche aus Sternbeobachtungen gefolgert ward, zusammenstimmte. Bey den Mayer'schen Sonnentafeln fand eine Abweichung vom wahren Sonnenlaufe von 24 Sekunden statt. Der Herr von Zach hat sich daher bemüht, diese (bisher die besten) Tafeln theils durch Verbesserung ihrer Elemente, theils durch den Gebrauch neuer und besserer Störungsformeln mit den neuern Bestimmungen zusammentreffender, und mit den geraden Aufsteigungen der Sonne übereinstimmender einzurichten. Auch hat er den Tafeln für die unmittelbare Zeitrechnung eine solche bestimmte Anordnung gegeben, daß man sicher seyn kann, der Fehler der Zeitrechnung werde nie bis auf eine ganze Zeitsekunde gehen.

Bisher hatte man fast allgemein angenommen, daß das sogenannte Zodiakal- oder Thierkreislicht eine flüssige Materie sey, welche zur Sonnenatmosphäre gehört. Allein Herr Hube und Andere halten diese Erscheinung mehr für ein Meteor unserer Erdatmosphäre. Herr Hube [f]) bemerkt, daß das Zodiakallicht

e) Tabulae motuum solis novae et correctae, ex theoria gravitatis et observationibus recentissimis erutae, quibus accedit fixarum praecipuarum catalogus novus ex observationibus astronomicis annis 1787-1790. in spec. astronomica Gothana habitis, editae auspiciis et sumptibus seren. ducis Saxo-Gothan. auct. *Franc. de Zach.* Gothae 1792. 4.

f) Faßlicher und vollständ. Unterricht in der Naturlehre. Th. I. 60ster Brief.

licht nur selten, häufiger und stärker des Abends als des Morgens, und in einigen Jahren viel öfter als in andern erscheine. Seiner Meynung nach ist dieses Licht mit dem Nordlichte von gleicher Natur. Denn es sey eben so blaß, eben so durchsichtig, eben so bald weiß bald gelblich oder roth gefärbt, und zeige eben dieselbe zitternde Bewegung, als das Nordlicht in seinen Strahlen. Außerdem pflegten die Strahlen des Nordlichts, wenn sie aus Westen oder Osten aufsteigen, eben so schief auf dem Horizonte zu stehen, und nach Süden abzuweichen, als das Zodiakallicht. Man sehe sogar unter dem letztern am Horizonte oft eine Art von dunkeln Nebel, welcher in seiner Farbe und übrigen Beschaffenheit dem Nebel, der unter den Nordlichtern erscheine, völlig ähnlich sey. Ja oft gehe das Zodiakallicht in ein wirkliches Nordlicht über, indem gegen Norden zu nach und nach immer mehrere Strahlen und Lichtstreifen zum Vorschein kommen, welche mit dem Zodiakallichte ein Ganzes ausmachen. Oft sehe man auch das Zodiakallicht, selbst im Herbste und Frühlinge, gar nicht.

Es scheine, daß die obere Atmosphäre unserer Erde durch die Erwärmung oder Erkältung beym Aufgange und Untergange der Sonne vorzüglich stark elektrisirt werde, und daß aus dieser Ursache nicht nur das Zodiakallicht entstehe, sondern auch die Nordlichter mehrentheils bald nach dem Untergange der Sonne anfangen, sichtbar zu werden.

Herr la Place hat aus Newton's Theorie erwiesen, daß das Thierkreislicht nicht zur Atmosphäre der Sonne gehören könne. Er bemerkt überhaupt, daß, wenn die Himmelskörper Atmosphären um sich haben, die atmosphärische Flüssigkeit in eben dem Maaße

Maaße dünner werde, als sie sich über die Körper erhebe, vermöge ihrer Elasticität, welche sie um so viel mehr ausdehne, je weniger sie zusammengedrückt sey. Wären aber die Theile ihrer Oberfläche elastisch, so würde sie sich ohne Unterlaß ausdehnen, und sich endlich in dem Weltraume zerstreuen; die Elasticität der atmosphärischen Flüssigkeit müsse also in einem größern Verhältnisse abnehmen, als das Gewicht, das sie zusammendrückt, und es muß einen Zustand der abnehmenden Dichtigkeit geben, wobey diese Flüssigkeit ohne Elasticität ist; und in diesem Zustande müsse sie an der Oberfläche der Atmosphäre sich befinden.

Alle atmosphärische Schichten müssen auf die Länge einerley Umdrehungsbewegung annehmen, die den Körpern, welche sie umgeben, gemeinschaftlich ist; denn die Reibung dieser Schichten unter einander und an der Oberfläche der Körper muß die langsamsten Bewegungen so weit beschleunigen, und die schnellsten aufhalten, bis eine völlige Gleichheit unter ihnen zu Stande gebracht ist. Bey diesen Veränderungen, und überhaupt bey allen denen, welche die Atmosphäre leidet, bleibt die Summe der Produkte der Elemente der Körper und ihrer Atmosphäre, wenn sie Stückweise durch die Flächen, welche ihre auf die Aequatorsebene projicirten Radii-Vektoren um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt beschreiben, multiplicirt werden, immer in einerley Zeit die nämliche. Setzt man also, daß aus irgend einer Ursache die Atmosphäre sich zusammenziehe, oder ein Theil von ihr an der Oberfläche des Körpers sich verdichte, so wird die Umdrehungsbewegung des Körpers und der Atmosphäre dadurch beschleunigt; denn da die Radii-Vektoren der durch die Elemente der anfänglichen Atmosphäre be-

schriebenen Flächen kleiner werden, so kann die Summe der Produkte aller Elemente durch die zugehörigen Flächen nicht die nämliche bleiben, wofern nicht die Geschwindigkeit der Umdrehung zunimmt.

An der Oberfläche der Atmosphäre wird die Flüssigkeit bloß durch ihre Schwere zurückgehalten, und die Figur dieser Oberfläche ist so beschaffen, daß das Resultat der Centrifugalkraft und der Anziehungskraft des Körpers auf ihr lothrecht ist. Die Atmosphäre wird an ihren Polen abgeplattet, und schwillt um ihren Aequator auf; aber diese Abplattung hat Grenzen, und in dem Falle, wo sie am größten ist, ist das Verhältniß der Axen des Pols und des Aequators das von 2 zu 3.

Die Atmosphäre kann sich um den Aequator nur so weit ausdehnen, bis die Centrifugalkraft der Schwere genau das Gleichgewicht hält; denn es ist klar, daß über diese Grenze hinaus die Flüssigkeit sich zerstreuen müsse. Bey der Sonne insbesondere ist dieser Grenzpunkt von ihrem Mittelpunkte um den Halbmesser der Bahn eines Planeten entfernt, welcher seinen Umlauf in einer Zeit machen würde, die der Umdrehungszeit der Sonne gleich ist. Es erstreckt sich also die Atmosphäre der Sonne nicht bis zur Bahn des Merkurs, und folglich bringt sie auch das Thierkreislicht nicht hervor, welches sich sogar über die Erdbahn hinaus zu erstrecken scheint. Außerdem ist diese Atmosphäre, deren Polaraxe zum wenigsten zwey Drittheile von der des Aequators halten muß, weit entfernt, die linsenförmige Gestalt zu haben, welche die Beobachtungen dem Thierkreislichte geben.

Indessen ist es doch dem Herrn la Place wahrscheinlich, daß die Sonne eine Atmosphäre besitze.

Von-

Bouguer habe nämlich durch sorgfältige Versuche über die Stärke des Lichts verschiedener Punkte der Sonnenoberfläche gefunden, daß dieses Licht um den Mittelpunkt etwas lebhafter ist, als gegen die Ränder zu. Da indessen das nämliche Stück der Sonnenscheibe, wenn es durch die Achsendrehung der Sonne von der Gegend des Mittelpunkts nach den Rändern zu geführt wird, daselbst unter einem viel kleineren Winkel erscheint, so müßte sein Licht viel stärker seyn. Es muß also großen Theils verloren gehen, was sich nicht erklären lasse, ohne die Voraussetzung, daß die Sonne mit einer dicken Atmosphäre umgeben sey, welche, da die von den Rändern ausgehenden Strahlen sie schief durchschneiden, diese mehr schwächt, als die aus dem Mittelpunkte kommenden, die sie in lothrechter Richtung durchschneiden. Diese Erscheinung läßt also mit großer Wahrscheinlichkeit auf eine Sonnenatmosphäre schließen.

Mond.

Bisher hatte man keine Ursache auffinden können, aus welcher sich die beobachteten Veränderungen in der mittleren Bewegung des Mondes erklären ließen, und diese Erscheinung schien eine Ausnahme von dem Gesetze der Schwere zu machen (Th. IV. S. 297. f.). Allein Herr la Place bemerkt, die Uebereinstimmung der übrigen himmlischen Erscheinungen sey mit der Theorie der Schwere so vollkommen, daß man nicht ohne Bedauern sehen könne, daß die seculare Gleichung des Mondes sich dieser entziehe, und allein eine Ausnahme von einem allgemeinen und einfachen Gesetze machen sollte, dessen Entdeckung durch die Größe und Mannichfaltigkeit der Gegenstände, die es umfasse, dem menschlichen Geiste so viel Ehre mache.

che. Durch diese Betrachtung ward la Place bestimmt, diese Erscheinung von neuem zu untersuchen, und nach einigen Versuchen gelang es ihm endlich, ihre Ursachen zu entdecken.

Die seculare Gleichung des Mondes rührt nämlich von der Wirkung der Sonne auf diesen Trabanten, in Verbindung mit der Veränderung der Eccentricität der Erdbahn, her. Um sich eine richtige Vorstellung von dieser Ursache zu machen, ist zu bemerken, daß die Elemente der Erdbahn durch die Wirkung der Planeten Störungen leiden; ihre große Axe bleibt immer die nämliche, aber ihre Eccentricität, ihre Neigung gegen eine unbewegliche Ebene, die Lage ihrer Knoten und ihrer Sonnennähe ändern sich ohne Unterlaß. Ferner ändert die Wirkung der Sonne auf den Mond seine Winkelgeschwindigkeit um $\frac{1}{179}$, und dieser Zahlcoefficient ändert sich im umgekehrten Verhältnisse mit dem Würfel der Entfernung der Erde von der Sonne. Entwickelt man nun die umgekehrte dritte Potenz dieser Entfernung in einer nach dem Verhältnisse zu den Sinus und Cosinus der mittleren Bewegung der Erde und deren vielfachen geordneten Reihe, und nimmt man die halbe große Axe der Erdbahn für die Einheit an; so findet man, daß diese Reihe ein Glied enthält, das drey Halben des Quadrats der Eccentricität dieser Bahn gleich ist. Der Ausdruck der Verminderung der Winkelgeschwindigkeit des Mondes enthält also ein Glied, das dem 179ten Theile dieser Geschwindigkeit, multiplicirt mit drey Halben des Quadrats jener Eccentricität, oder, was auf eins hinausläuft, dem Produkte dieses Quadrats durch die Winkelgeschwindigkeit des Mondes, dividirt durch 119,33, gleich ist. Wäre die Eccentrici-

tricität der Erdbahn beständig, so würde dieses Glied die mittlere Geschwindigkeit des Mondes selbst seyn; aber ihre Veränderung hat, ob sie schon sehr klein ist, in die Länge einen merklichen Einfluß auf die Mondsbewegung. Es ist sichtbar, daß sie diese Bewegung beschleunigt, wenn die Eccentricität abnimmt, was seit den alten Beobachtungen bis auf unsere Zeit statt gefunden hat. Diese Beschleunigung wird sich in eine Verminderung verwandeln, wenn die Eccentricität ihr Minimum erreicht haben wird, wo sie abzunehmen aufhören und zu wachsen anfangen wird.

In dem Zeitraume von 1700 bis 1800 hat das Quadrat der Eccentricität der Erdbahn um 0,000001532$5$ abgenommen, wenn man die halbe große Axe der Erdbahn für die Einheit annimmt; die dazu gehörige Winkelgeschwindigkeit des Mondes war also 0,00000001284$25$ von dieser Geschwindigkeit. Da diese Zunahme allmählig und im Verhältnisse der Zeit statt findet, so war ihre Wirkung auf die Bewegung des Mondes um die Hälfte kleiner, als wenn sie im Laufe des ganzen Jahrhunderts die nähmliche gewesen wäre. Man muß also, um diese Wirkung, oder die seculare Gleichung des Mondes am Ende eines Jahrhunderts, von 1700 an gerechnet, zu bestimmen, die seculare Bewegung des Mondes mit der Hälfte der sehr kleinen Zunahme seiner Winkelgeschwindigkeit multipliciren. Nun beträgt in einem Jahrhunderte die Bewegung des Mondes 5347405454″; man erhält also 34″,337 für seine seculare Gleichung.

So lange die Abnahme des Quadrats der Eccentricität der Erdbahn der Zeit proportionirt angenommen werden kann, wird die seculare Gleichung des Mondes wachsen, wie das Quadrat der Zeit; man

man wird also nur 34,337 mit dem Quadrat der Zahl der Jahrhunderte zwischen 1700 und der Zeit, für welche man rechnet, zu multipliciren brauchen. la Place hat aber gefunden, daß, da er zu den chaldäischen Beobachtungen zurückgieng, das dem Würfel der Zeit proportionirte Glied in dem Ausdrucke der secularen Mondsgleichung durch eine Reihe merklich wurde. Dieses Glied ist für das erste Jahrhundert 0",13574 gleich. Es muß mit dem Würfel der Zahl der Jahrhunderte von 1700 an multiplicirt werden; für die vor dieser Epoche liegenden Jahrhunderte wird also dieses Produkt negativ.

Verglich la Place die Beobachtungen mit dieser Theorie, so fand er zwischen ihnen eine Uebereinstimmung, die bewundernswürdig schien, wenn man die Unvollkommenheit der alten Beobachtungen, die unsichere Art ihrer Fortpflanzung, und die Ungewißheit betrachtet, welche noch über die Veränderungen der Eccentricität der Erdbahn diejenige zurückläßt, worin wir in Ansehung der Massen der Venus und des Mars uns befinden.

Es ist merkwürdig, daß die Abnahme der Eccentricität der Erdbahn in der Bewegung des Mondes viel merklicher seyn soll, als für die Erde selbst. Diese Verminderung, welche seit der ältesten Finsterniß, wovon wir Kenntniß haben, die Mittelpunktsgleichung der Sonne nicht um funfzehn Minuten geändert hat, hat in der Länge des Mondes eine Veränderung von 2 Graden hervorgebracht. Nach den Beobachtungen des Hipparchus konnte man sie kaum vermuthen, aber die alten Finsternisse setzen sie außer Streit.

Die seculare Gleichung des Mondes ist, wie die Veränderung der Eccentricität der Erdbahn, periodisch,

disch, und kommt, wie diese, erst nach mehreren Millionen Jahren wieder. Die äußerste Langsamkeit, womit sie diese Ungleichheit ändert, würde sie seit den ältesten Beobachtungen unmerklich gemacht haben, wenn nicht ihr Werth, indem er sich über mehrere Peripherien erstreckt, in den in verschiedenen Epochen gemachten secularen Beobachtungen beträchtliche Unterschiede hervorbrächte, welche zwar seit den Zeiten der Chaldäer nicht mehr als 16 oder 17 Minuten betragen haben, aber einst auf mehrere Grade sich belaufen werden. Die jetzt sehr kleine Eccentricität der Erdbahn wird zum wenigsten dreymal größer werden. Multiplicirt man die Zunahme ihres Quadrats mit der secularen Bewegung des Mondes, so giebt das Produkt, durch 119,33 dividirt, die seculare Verminderung dieser Bewegung, welche mehr als 10 Grad betragen wird. Die künftigen Jahrhunderte werden diese großen Veränderungen entwickeln, deren Gesetze die Analysis bekannt macht, und man könnte auf solche Art den Beobachtungen voreilen, wenn die Massen der Planeten genau bestimmt wären. Aber diese fehlen uns bis jetzt noch zur Vervollkommnung der astronomischen Theorien. Zum Glück ist Jupiter, dessen Masse wir genau kennen, derjenige von den Planeten, welcher auf die seculare Gleichung des Mondes den meisten Einfluß hat.

Der Halbmesser der Mondbahn nimmt mit der Eccentricität der Erdbahn zu und ab. La Place hatte nun gezeigt, daß die Wirkung der Sonne die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde um $\frac{1}{358}$ vermehre; das Glied, welches in dem Ausdrucke dieser Wirkung drey Halben des Quadrats der Eccentricität der Erdbahn proportionirt ist, vermehrt also

die Mondsparallaxe um eine dem Produkte dieser Parallaxe durch den 239ten Theil dieses Quadrats gleiche Größe. Setzt man also, daß dieses Quadrat sogar neunmal größer werde, so wird die Mondsparallaxe doch nur um ein Zehntel einer Sekunde vermehrt, welches unmerklich ist. Es sey also nicht zu besorgen, daß sich der Mond einmal auf die Erde stürzen möchte, wie dieses statt finden würde, wenn seine seculare Gleichung dem Widerstande des Aethers zuzuschreiben wäre.

Eben so unmerklich sind die Veränderungen der Eccentricität der Mondsbahn; die Veränderungen der Bewegung der Knoten und der Erdnähe seyen groß genug, um es nothwendig zu machen, daß man bey Untersuchungen, welche die Vervollkommnung der Mondstheorie zum Gegenstande haben, darauf Rücksicht nehme.

Die mittlere Wirkung der Sonne auf diesen Trabanten hange auch noch von der Neigung der Mondsbahn gegen die Ekliptik ab, und man könnte glauben, daß, weil die Lage der Ekliptik veränderlich sey, daraus in der Mondsbewegung Ungleichheiten entstehen müßten, welche denen ähnlich sind, die die Verminderung der Eccentricität der Erdbahn hervorbringt. Aber die Mondsbahn werde ohne Unterlaß durch die Wirkung der Sonne zu einerley Neigung gegen die Erdbahn zurückgebracht, so daß die größten und kleinsten Abweichungen des Mondes, vermöge der Veränderung der Schiefe der Ekliptik, den nämlichen Veränderungen, wie die Abweichungen der Sonne, unterworfen sind.

Da einige Vertheidiger der Endursachen behauptet hatten, daß der Mond der Erde zugegeben sey,

um

um sie bey Nacht zu erleuchten, so bemerkt la Place, daß die Natur in diesem Falle die Absicht, die sie sich vorgesetzt hätte, nicht erreicht haben würde, weil uns sehr oft das Licht der Sonne und des Mondes zugleich entzogen werde. Um dieses zu erhalten, wäre es nöthig gewesen, den Mond von Anfang an in Opposition mit der Sonne zu setzen, und zwar in der Ebene der Ekliptik selbst und in einer Entfernung von der Erde, die dem hundertsten Theil der Entfernung der Erde von der Sonne gleich wäre, und dem Monde und der Erde parallele und ihren Entfernungen von diesem Gestirne proportionirte Geschwindigkeiten zu ertheilen. Alsdann wäre der Mond beständig in Opposition mit der Sonne geblieben, und hätte um sie eine der Erdbahn ähnliche Ellipse beschrieben; diese beyden Gestirne wären über dem Horizonte auf einander gefolgt, und da der Mond in dieser Entfernung nie verfinstert worden wäre, so hätte sein Licht beständig das der Sonne ersetzt.

Außerdem hatten andere Philosophen, verleitet durch die sonderbare Meynung der Arkadier, die sich für älter als den Mond hielten, den Gedanken gehabt, der Mond sey ursprünglich ein Komet gewesen, welcher, als er nahe an der Erde vorbeygegangen, durch ihre Attraction genöthigt worden sey, sie zu begleiten. Allein la Place führt an, wenn man mit der Analysis in die entferntesten Jahrhunderte zurückgehe, so sehe man immer den Mond in einer beynahe kreisförmigen Bahn, wie die Planeten, sich um die Sonne bewegen; folglich sey der Mond ursprünglich kein Komet gewesen.

Was das Schwanken des Mondes und die Bewegung der Knoten seines Aequators betrifft, so wur-

den diese Erscheinungen durch die Bemühungen des Herrn la Place ungemein aufgehellt. Der Mond ist, vermöge seiner Umdrehungsbewegung, an seinen Polen etwas abgeplattet, aber die Anziehung der Erde mußte seine gegen diesen Planeten gerichtete Axe verlängern. Wäre der Mond gleichartig und flüssig, so würde er, um im Gleichgewichte zu bleiben, die Gestalt eines Ellipsoids annehmen, dessen kleinere Axe durch die Pole der Umdrehung gienge; die größere Axe wäre gegen die Erde gerichtet und in der Ebene des Mondäquators, und die in der nämlichen Ebene liegende mittlere Axe wäre auf den beyden andern lothrecht. Der Ueberschuß der größern Axe über die kleinere wäre das Vierfache von dem Ueberschusse der mittleren Axe über die kleinere, und ungefähr $\frac{1}{297.11}$, wenn die kleine Axe zur Einheit angenommen wird.

Man begreife leicht, daß, wenn die große Axe des Mondes sich ein wenig von der Richtung des Radius Vektor entfernt, welcher seinen Mittelpunkt mit dem der Erde verbindet, die Attraction der Erde sich bestrebe, sie wieder zu diesem Radius zurückzubringen, eben so, wie die Schwere das Pendel zur lothrechten Linie zurückbringt. Wenn die Umdrehungsbewegung dieses Trabanten ursprünglich schnell genug gewesen wäre, um dieses Bestreben zu überwinden, so würde die Zeit seiner Umdrehung der Zeit seines Umlaufs nicht vollkommen gleich gewesen seyn, und ihr Unterschied würde uns nach und nach alle Punkte seiner Oberfläche entdeckt haben. Da aber ursprünglich die Winkelbewegungen der Umdrehung und des Umlaufs des Mondes wenig verschieden waren, so war die Kraft, womit die große Axe des Mondes von seinem Radius Vektor sich entfernte, nicht zureichend, um

um das Bestreben eben dieser Axe gegen diesen Radius zu überwinden; die Schwere gegen die Erde, von welcher dieses Bestreben herrührt, hat also auf diese Art die Bewegungen vollkommen gleich gemacht; und wie ein Pendel, das durch eine sehr kleine Kraft von der Vertikallinie entfernt worden, ununterbrochen zu derselben zurückkommt und auf beyden Seiten kleine Schwingungen macht, so muß die große Axe des Mondssphäroids auf beyden Seiten des mittleren Radius Vektor seiner Bahn schwingen. Daraus entsteht eine schwankende Bewegung, deren Größe von dem ursprünglichen Unterschiede der beyden Winkelbewegungen der Umdrehung und des Umlaufs des Mondes abhängt. Dieses Schwanken ist sehr klein, weil die Beobachtungen es nicht haben erkennen lassen.

Man sieht daher, daß die Theorie der Schwere die genaue Gleichheit der beyden mittleren Winkelbewegungen der Umdrehung und des Umlaufs des Mondes auf eine befriedigende Art erklärt. Es würde gegen alle Wahrscheinlichkeit seyn, anzunehmen, daß im Anfange diese beyden Bewegungen vollkommen gleich gewesen seyen; aber zur Erklärung dieser Erscheinung ist es genug, daß ihr anfänglicher Unterschied sehr klein war; und alsdann hat die Anziehung der Erde die vollkommene Gleichheit hergestellt, welche man beobachtet.

Da die mittlere Bewegung des Mondes großen secularen Ungleichheiten unterworfen ist, die sich auf mehrere Peripherien ausdehnen, so ist klar, daß, wenn seine mittlere Umdrehungsbewegung vollkommen gleichförmig wäre, dieser Trabant, vermöge dieser Ungleichheiten, der Erde nach und nach alle Punkte seiner Oberfläche entdecken würde; seine scheinbare

Scheibe würde sich durch unmerkliche Abstufungen in eben dem Maaße ändern, als diese Ungleichheiten sich entdeckten; die nämlichen Beobachter würden sie immer sehr nahe als die nämlichen sehen, und nur um mehrere Jahrhunderte von einander entfernten Beobachtern würde sie merklich verschieden zu seyn scheinen. Allein die Ursache, welche eine vollkommene Gleichheit zwischen den mittleren Bewegungen der Umdrehung und des Umlaufs des Mondes zu Stande gebracht hat, benimmt den Erdbewohnern auf immer die Hoffnung, einmal die entgegengesetzten Theile derjenigen Oberfläche, welche er uns zeigt, zu entdecken. Indem die Anziehung der Erde die große Axe des Mondes ununterbrochen gegen uns zurückführt, so macht sie, daß seine Umdrehungsbewegung an den sekularen Ungleichheiten seiner Umlaufsbewegung Theil nimmt, und richtet also beständig die nämliche Halbkugel gegen die Erde.

Die sonderbare Erscheinung des Zusammentreffens der Knoten des Mondäquators mit denen seiner Bahn ist auch noch eine Folge von der Attraction der Erde. La Grange hat dieß zuerst durch eine sehr schöne Analyse gezeigt, welche ihn auf eine vollständige Erklärung aller an dem Mondssphäroid beobachteten Bewegungen geführt hat. Die Ebene des Aequators und der Bahn des Mondes, und die durch seinen Mittelpunkt in paralleler Richtung mit der Ekliptik gelegte Ebene haben immer sehr nahe einerley Durchschnitt. Die sekularen Bewegungen der Ekliptik ändern weder das Zusammentreffen der Knoten dieser drey Ebenen, noch ihre mittlere Neigung, welche die Attraction der Erde beständig bey einerley Größe erhält.

Herr

Herr la Place bemerkt hiebey, daß die angeführten Erscheinungen mit der Hypothese nicht bestehen könnten, nach welcher der ursprünglich flüssige und aus Schichten von jeder Dichtigkeit bestehende Mond die ihrem Gleichgewicht gemäße Gestalt angenommen hätte. Sie zeigten zwischen den Axen des Mondssphäroids größere Unterschiede, als diejenigen, welche nach dieser Hypothese statt fänden. Die großen Ungleichheiten, welche man auf der Mondsfläche beobachte, hätten ohne Zweifel einen merklichen Einfluß auf diese Erscheinungen.

Wenn die Natur die mittleren himmlischen Bewegungen bestimmten Bedingungen unterwerfe, so seyen sie immer von Schwingungen begleitet, deren Größe willkührlich sey. So gebe die Gleichheit der mittleren Bewegungen der Umdrehung und des Umlaufs des Mondes einem wirklichen Schwanken dieses Trabanten den Ursprung. Eben so sey das Zusammentreffen der mittleren Knoten des Aequators und der Bahn des Mondes von einem Schwanken der Knoten dieses Aequators um die der Bahn begleitet, welches sehr klein sey, da es bis jetzt den Beobachtungen entgangen ist.

Ueber die Beschaffenheit des Mondes sind in den neuesten Zeiten mit Hülfe der Spiegelteleskope ungemeine Aufschlüsse geschehen. Im Jahr 1778 am 24ten Juni beobachtete Don Ulloa zwischen Cap Vincent und Tercera eine totale Sonnenfinsterniß mit Dauer, wobey er am Monde folgende sehr merkwürdige Erscheinung wahrnahm: ehe noch die Sonnenscheibe hinter dem Monde hervorzugehen anfieng, bemerkte man nahe am Rande des Mondes auf dessen dunkler Scheibe ein lichtes Pünktchen,

 im

im Anfange so klein, daß man es weder mit bloßen Augen noch mit einem gemeinen Taschenperspektiv bemerken konnte; durch ein Fernrohr von $1\frac{1}{2}$ Fuß länge konnte man es aber deutlich sehen, und es schien völlig eben so, als wenn zwischen der dunkeln Mondsscheibe und dem Auge ein Sternchen von vierter Größe sich zeigte. Nicht lange darauf wurde es größer, und sein Wachsthum nahm zu bis zur Größe eines Sterns von zweyter Größe, in welchem Zustande man es wenigstens $\frac{5}{4}$ Minuten lang sah. Sein Licht glich nicht dem Lichte des Ringes um den Mond, sondern dem der Sonne in dem Augenblicke des anfangenden Austritts. Die übrigen Beobachter sahen es ebenfalls und durch andere Fernröhre. Don Ulloa war sehr geneigt zu glauben, daß es ein Loch durch den Mond gewesen sey, und das Wachsen des Lichts von dem dahinter weggehenden Sonnenrand hergerührt habe [g]). Diese Erscheinung, sagt Lichtenberg [h]), ist allerdings merkwürdig, da sie ein Mann, wie Don Ulloa beobachtet hat; allein es werden, wenn man nicht den totalen Sonnenfinsternissen mit Dauer eben so nachreißt, wie den Durchgängen der Venus, Jahrhunderte verstreichen, ehe die Beobachtung Bestätigung oder Widerlegung erhält. Aehnliche Erscheinungen sind nicht lange darnach gesehen worden. Am 4ten May 1783 entdeckte Herr Herschel durch sein Teleskop im dunkeln Theile des Mondes einen leuchtenden Punkt, welchen er für einen wirklich brennenden Vulkan hielt. Vierzehn Tage darauf nahm er an derselben Stelle innerhalb des Berges Aristarchus zwey kleine kegelförmige Berge nahe an einem dritten, den er schon beobachtet hatte,

g) *Rozier* journal de physique. Avr. 1780. p. 319.

h) Erxleben Anfangsgründe der Naturlehre p. 611.

te, wahr. Aus diesen schien ihm Lava auszuströmen. Herr Bode, welcher dieß im astronom. Jahrbuche für 1788 erzählt, fügt noch hinzu, daß ein ungenannter Beobachter schon am 16ten May 1783 mit einem fünffüßigen Fernrohre Funken am hellen östlichen Mondrande entdeckt habe, welche hinter der erleuchteten Scheibe wie Sterne von 6ter oder 7ter Größe schnell und in gerader Richtung hervorschossen, und in einem gegen Osten geneigten Bogen auf den Mond wieder herabfielen. In eben der Gegend beobachtete Herr Herschel am 19ten April 1787 zur Zeit des neuen Lichts drey helle Punkte, welche er selbst beym nachfolgenden neuen Lichte wieder fand. Diese drey Punkte, welche auch der Graf von Brühl zu London am 19ten und 20ten May selbst beobachtet hatte, zeigten sich röthlich wie glühende Kohlen. Ferner giebt la Lande [i]) Nachricht, daß Herr Nouet am 13ten May 1788 auf der Sternwarte zu Paris einen Punkt wie einen Stern von 6ter Größe am nordöstlichen Theile des Mondes gegen den Flecken des Helikon zu gesehen, und auch andern Astronomen gezeigt habe. Eben dieselbe Erscheinung nahm der Herr von Zach zu Gotha am 9ten und 10ten April 1788 auf der dunkeln Mondscheibe wahr; der Punkt war etwas länglicht, etwa 5″ im Durchmesser und röthlich schimmernd, so wie man den Planeten Mars mit bloßen Augen sieht. Auch Herr Bode hat an diesem Tage die nämlichen Erscheinungen wahrgenommen. Noch mehrere dergleichen Veränderungen auf der Mondfläche, welche besonders Herr Herschel beobachtet hat, findet man in dem berlinischen astronomischen Jahrbuche für 1789. Man

i) Journal de Paris 1788. n. 79.

Man hat alle diese Phänomene für wirkliche Vulkane im Monde gehalten; allein Herr Bode hat in dem Jahrbuche für 1792 diese Meynung mit starken Gründen bestritten; und sie vielmehr vom zurückgeworfenen Erdenlichte herzuleiten gesucht. Auch Herrn Schröter scheinen diese Phänomene mehr von Stellen, welche das Erdenlicht stärker reflektiren, oder von atmosphärischen Ursachen herzurühren.

Daß überhaupt der Mond kein unserer Erde so ähnlicher Körper sey, wie sich vormals mehrere Naturforscher eingebildet hatten, ist durch die schätzbaren Bemühungen des Herrn Schröter außer Zweifel gesetzt worden. Dieser fand im Ganzen genommen im Monde eben solche landschaftliche Schattirungen und Abwechselungen von Bergen, Thälern, Ebenen, uranfänglichen und aufgesetzten Gebirgen, wie auf unserer Erde, nur mit beträchtlichem Unterschiede. Er wendete gewöhnlich 161 und 210malige Vergrößerungen an, wovon die letztere Flächen von 4000 Paris. Fuß im Durchmesser ihrer Gestalt nach unterscheiden ließ. Mit einer 636maligen Vergrößerung konnte er in diesen Flächen wiederum noch kleinere unterscheiden. Ueberhaupt beobachtete er eine jede als eine besondere Landschaft zu der Zeit, da sie nicht weit von der Lichtgrenze stand, und durch die Kenntlichkeit der Schatten ein deutliches Bild zuwege brachte.

Herr Schröter nahm wahr, daß einige helle Flecken, z. B. Cleomedes, Endymion, Schickard, Grimaldi, und einige kleinere Flächentheile bald im gewöhnlichen weißen Lichte, bald als dunkele Flecken mit etwas veränderter Gestalt erscheinen, da doch andere Flecken beständig ihre helle Farbe behalten. Er erklärt dieß aus den Winkeln der Erleuchtungs- und

Ge-

Gesichtsstrahlen, und vergleicht es mit den Erscheinungen einer gebirgigen Landschaft, welche man aus einem gewissen Standpunkte von Sonnenaufgang bis zum Untergange betrachtet.

Die Methode, welche Hevel zur Bestimmung der Höhen der Mondsberge gebrauchte (Th. I. S. 489.), scheint Herrn Schröter zu unsicher und zu eingeschränkt zu seyn, er sucht vielmehr die Höhe des Berges aus der Sonnenhöhe über der Stelle des Mondes, wo sich der Berg befindet, und der Länge seines Schattens. Die Sonnenhöhe findet man aus dem Winkelabstande des Mondes von der Sonne und des Berges Entfernung von der Lichtgrenze. Auch dient diese Methode, die senkrechten Tiefen der Einsenkungen auf dem Monde zu messen, ob sie gleich ein geübtes und scharfes Gesicht, und vorzüglich gute starke lichthelle Fernröhre erfordert. Herr Schröter maaß die hohen Berge am südlichen Rande des Mondes bey Kircher und Grünberger, welche er Leibnitz und Dörfel nennt, verschiedene mal, und fand sie 25000 Paris. Fuß hoch, da der Chimboraço auf unserer Erde noch nicht 20000 Fuß beträgt. Setzt man nun, daß der Mondsdurchmesser etwa $\frac{3}{11}$ des Erdhalbmessers ausmacht, so ergiebt sich, daß die Mondsgebirge über $4\frac{1}{2}$mal höher sind, als die höchsten Berge auf unserer Erde in Vergleichung beyder Weltkörper gegen einander.

Die Bergketten im Monde sind eben so, wie bey uns, mit auslaufenden Zweigen verbunden; nur sind die Kerne, von welchen die Zweige ausgehen, nicht die höchsten Berge oder die höchsten Rücken des Landes. Die Zweige erstrecken sich oft in sehr tief eingesenkten Flächen fort. Herr Schröter hat besonders

genaue Beobachtungen über die sogenannten einförmigen Einsenkungen oder Wallgebirge, von 30 deutschen Meilen bis zu einer halben Viertelmeile im Durchmesser, angestellt, welche sich bloß mit eingetieften, mannichmal zum Theil wieder ausgefüllten Cratern vergleichen lassen. Die tiefste nicht weit vom nordwestlichen Mondrande über dem mare Crisium und dem Cleomedes gelegene, welche Herr Schröter Bernoulli nennt, hat $3\frac{1}{2}$ deutsche Meile im Durchmesser und über 3000 Toisen Tiefe. Daß diese Crater mit den Ringgebirgen, welche sie umgeben, durch einerley Kraft von innen heraus entstanden sind, lehrt schon der Augenschein; Herr Schröter hat auch sogar durch Experimente mit Modellen auf der Wagschaale gezeigt, daß die Ringgebirge hinreichen, den Crater auszufüllen, daß folglich der Ring eben die Masse ist, welche vorher den Raum des Beckens einnahm. Daraus läßt sich fast mit Gewißheit behaupten, daß sie nicht durch Einsturz, sondern durch Eruption entstanden sind. Bey den großen Mondcratern scheint der ganze Wall auf einmal hervorgebracht zu seyn; bey den kleinen aber, welche zum Theil auf jene aufgesetzt sind, läßt sich sehr wahrscheinlich vermuthen, daß sie allmählig, wie unsere Vulkane, über einander aufgethürmt sind. Aehnliche Vermuthungen über die Entstehung der meisten Mondberge haben schon D. Hook, Lichtenberg und Aepinus gehabt.

Herr Schröter leitet die zusammenhangenden Bergstrecken, Ketten und Zweige von einer bloßen Aufschwellung oder von einer nicht völlig vollführten Eruption der Mondrinde her, die Crater und Wallgebirge hingegen von wirklichen Ausbrüchen, wo die elastische Flüssigkeit die aufgeborstene Masse rings umher

her vor sich wegwarf. Ein Theil von dem Auswurfe scheint geschmolzen zu seyn und die Crater, welche jetzt Wallebenen ausmachen, damit angefüllt zu haben. Von Lavaströmen zeigen sich aber keine Spuren; nur scheint ein Theil der geschmolzenen ausgeworfenen Masse an dem Flecken Euler weggeflossen zu seyn, und überhaupt scheint sich der seltsame Farbenwechsel nicht erklären zu lassen, welcher sich auf dem Monde zeigt, wenn man nicht eine spiegelnde Masse auf ihm annimmt. Die kleinen Erhabenheiten oder Centralgebirge scheinen bloß Versuche der elastischen Flüssigkeit zu seyn, mehr Masse aufzuwerfen; auch finden sich zuweilen in den großen Cratern kleinere. Weniger gestörte Gegenden scheinen die großen grauen Flecke zu seyn, wo eine Vegetation statt findet, indem selbst die großen Wallebenen da, wo wieder neue Ausbrüche entstanden sind, von neuem glänzen. Ueberhaupt finden in einzelnen Mondländern merkwürdige Veränderungen, welche daselbst wahrgenommen werden, statt. So entdeckte Herr Schröter am 27ten Aug. 1788. einen $1\frac{1}{2}$ Meile weiten Crater am Hevel, welcher am 24ten Octob. 1787. noch nicht da gewesen war. Ferner erschien ihm ein Berg im mare Crisium, welchen er längst als länglich erkannt, am 2ten Nov. 1788. so gezeichnet, auch noch am 14ten Nov. so gesehen hatte, plötzlich am 15ten rund, über die graue Fläche erhoben, und mit merklichen Schatten und mit einer deutlichen $\frac{3}{4}$ Meilen im Durchmesser haltenden craterähnlichen Vertiefung auf der Oberfläche versehen. Am 2ten Dec. hingegen fand er ihn wieder eben so länglich, wie zuvor, und von einem schwarzdunkeln Schatten begleitet, dessen Richtung aber nicht, wie es eigentlich hätte seyn sollen, auf der Linie durch die Hörner des Mondes senkrecht stand. Diese Veränderungen,

gen, welche sich weder durch die Umwandlung der Oberfläche selbst, noch durch Zurückwerfung des Sonnen- oder Erdenlichtes erklären lassen, rühren allem Vermuthen nach von der veränderlichen Atmosphäre des Mondes her.

Uebrigens hat Herr Schröter auf der Oberfläche weder einen Ocean, noch solche beträchtliche Meere, als auf unserer Erde, wahrgenommen. Vielmehr ist die ganze Oberfläche gebirgigt und ungleich. Selbst in den großen ausgedehnten grauen Flecken, welche man mit bloßen Augen sieht, und welche die ältern Naturforscher für Meere hielten, finden sich nicht einmal solche Ebenen, wie die großen Haiden und Waldungen auf der Oberfläche der Erde sind. Auch bemerkt man keine Spur von Flüssen, und aus Licht und Schatten in den Vertiefungen zeigt sich, daß die Masse des Mondes nicht so mit Wasser durchdrungen seyn könne, wie unsere Erde. Jedoch läugnet Herr Schröter nicht alle Flüssigkeit im Monde [k]).

Herr la Place beweißt überdieß, daß die Horizontalrefraction auf der Oberfläche der Erde zum wenigsten tausendmal größer, als die auf der Oberfläche des Mondes sey. Die Atmosphäre des Mondes sey daher äußerst dünn, und in dieser Eigenschaft dem luftleeren Raume, den wir durch unsere besten Luftpumpen hervorbringen könnten, überlegen. Daraus müßten wir den Schluß ziehen, daß kein Thier der Erde auf dem Monde leben und athmen könnte, und daß, wenn er bewohnt sey, es nur von Thieren anderer

k) Selenotopographische Fragmente zur genauern Kenntniß der Mondfläche, ihrer erlittenen Veränderung und Atmosphäre von Joh. Hieron. Schröter. Lilienthal auf Kosten des Verfass. 1791. 4. mit 43 Kupf.

rer Art seyn könne. Die Flüssigkeiten, welche durch eine so dünne Atmosphäre nur wenig zusammengedruckt wären, würden sich bald in Dünste auflösen; man habe also Grund zu glauben, daß auf der Oberfläche des Mondes alles fest sey, und dieß scheine durch die Beobachtungen desselben vermittelst großer Teleskope, welche uns ihn als eine trockene Masse zeigten, auf welcher man die Wirkungen und sogar die Auswürfe von Vulkanen zu bemerken glaubte, bestätigt zu werden.

Abbildungen einzelner Theile der Mondfläche, welche bisher gänzlich gemangelt haben, sind durch den unermüdeten Fleiß des Herrn Schröter geliefert worden. Den Maaßstab bey diesen Charten hat Herr Schröter so fest gesetzt, daß 20 Raumsekunden der Mondfläche auf der Karte einen Raum von $\frac{1}{2}$ englischen Zoll einnehmen. Es beträgt also jede Decimallinie der Karte genau 4 Sekunden, d. h. $\frac{1}{474}$ des Monddurchmessers (diesen nach la Lande zu $31' 19''$ genommen), welches ungefähr 1 deutsche Meile ausmacht, den Monddurchmesser zu 470 Meilen gerechnet. Auf diesen Charten begreift also 1 englischer Zoll 10 deutsche Meilen, und die ganze Mondhalbkugel würde nach diesem Maaße 47 engl. Zoll oder beynahe 4 englische Fuß im Durchmesser halten. Die Nahmen, welche Riccioli zur Bezeichnung der Berge gebraucht hat, hat Herr Schröter auch beybehalten, und die merkwürdigsten Stellen, welche jener nicht bezeichnet hat, mit neuen Nahmen berühmter Astronomen und Naturforscher belegt; die kleinern Gegenstände aber bloß durch Buchstaben unterschieden. Der Specialatlas des Mondes besteht aus 41 Charten außer der Mayer'schen Generalcharte, und noch eine

eine Charte enthält die Höhen der merkwürdigsten Ringgebirge, Centralgebirge und übrigen Bergspitzen im Monde, so wie die Tiefen der vorzüglichsten Einsenkungen oder Crater. Auch sind dieser Tafel die Höhen einiger Erdgebirge zur Vergleichung beygefügt worden.

Auch hat Herr la Lande eine neue Abbildung des Mondes stechen lassen, auf welcher einer von den Flecken mit dem Nahmen Vulkan bezeichnet ist. Es ist diejenige Stelle, wo man das oben angeführte Licht einige mal zu verschiedenen Zeiten wahrgenommen hat. Auch führt er eine Beobachtung von Carochez, einem Optiker und Mitgliede der Commission für die Meereslänge zu Paris, an, welcher kürzlich ein ähnliches Licht an der nämlichen Stelle bemerkt hat.

Das Daseyn einer Mondatmosphäre, worüber man bisher noch nicht völlig übereinstimmig war, ist durch die Beobachtungen des Herrn Schröter ganz außer Zweifel gesetzt worden. Schon du Sejour [l]) behauptete, daß Beugung des Lichts am Rande des Mondes ohne Atmosphäre um ihn sich gar nicht denken lasse. Auch Don Anton. de Ulloa [m]) war der Meynung, daß die Erscheinung des Ringes, welcher sich bey totalen Sonnenfinsternissen allemal um die Mondscheibe zeigt, wie dergleichen von ihm selbst am 24ten Jun. 1778. auf dem Meere zwischen Tercera und Cap St. Vincent beobachtet worden, ohne Atmosphäre des Mondes sich nicht erklären lasse.

Herr

l) Mémoir. de l'Acad. des scienc. 1775. p. 268.

m) Mémoir. de l'Acad. des scienc. 1778. p. 64. *Rozier* Journal de physique 1780. Avril p. 319. Tom. XV. P. I.

Herr Schröter endlich nahm verschiedene Aenderungen an den Mondflecken wahr, die er nicht anders, als durch Annahme einer Atmosphäre erklären konnte. So beobachtete er an einem Berge im Cleomedes bisweilen eine sehr große helle Vertiefung, welche zu einer andern Zeit unter dem nämlichen Erleuchtungswinkel nicht wahrgenommen wurde u. d. g. Am 24ten Februar 1792. Abends um 5 Uhr 40 Minut., $2\frac{1}{2}$ Tag nach dem Neumonde, gelang es ihm endlich, mittelst eines 7schuhigen Herschel'schen Teleskops, welches 74mal vergrößerte, eine Monddämmerung [n]) zu beobachten. Zuerst erblickte er sie am Rande der äußersten Spitzen, und bemerkte hiebey zugleich ein äußerst mattes graulichtes Licht, welches gegen das Licht der äußersten Spitze des Mondes eben so abstach, als unsere Erddämmerung gegen das unmittelbare Sonnenlicht. Nach 8 Minuten wurde endlich der ganze Mondrand und zwar auf einmal mit einem solchen dämmernden Lichte umgeben. Die Weite dieser Dämmerung von der dämmernden Lichtgrenze an bis zum vollen Lichte des Mondes, welches dem Erdenlichte gleich ist, bestimmt er auf $2^{\circ}\ 34'\ 25''$ eines Bogens der Mondfläche, oder $10\frac{1}{4}$ geographische Meilen.

Planeten.

Ueber die Umwälzungszeit der Venus um ihre Axe ist beynahe ein ganzes Jahrhundert gestritten worden, bis endlich dieser Streit durch Herrn Schröter ziemlich entscheidend zum Vortheil der Cassini'schen Angabe, welche auch schon die meisten Astronomen für die richtigste gehalten hatten, beygelegt wurde. Herr

n) Götting. gelehrte Anzeigen 1792. 86tes Stück. S. 857. u. f.

Herr Schröter °) hat jedoch diese Zeitperiode nicht, wie Cassini, aus Beobachtung der Flecken, sondern vielmehr aus den Gestalten des südlichen und nördlichen Horns geschlossen. Zu der Zeit, da die Venus von der Sonne am weitesten entfernt ist und entweder als Morgen- oder Abendstern gesehen wird, und überdieß die Gestalt des Mondes in seinen Vierteln hat, zeigen die beyden Hörner veränderliche Gestalten, ungefähr nach 24 Stunden aber kommen immer die nämlichen Gestalten wieder zum Vorschein. Seine Beobachtungen fallen in den Zeitraum vom 11ten Dec. 1791. bis 11ten Jan. 1792. Das südliche Horn erschien von Zeit zu Zeit nicht, wie das nördliche, spitzig, sondern beträchtlich abgerundet, und zeigte sich auch mit einem einzelnen in der Nachtseite erleuchteten Berggipfel. Nach etwa 2 Stunden verlor es seinen Schatten und ward wohl noch spitziger als das nördliche, und seine abgerundete Gestalt erschien täglich ungefähr eine gute halbe Stunde früher, welches auf eine Umwälzung von 23½ Stunden schliessen ließ. Am 30. Dec. 1791. Morgens 8 Uhr erschien das südliche Horn genau eben so abgerundet, und mit einem isolirt in der Nachtseite erleuchteten Berggipfel, wie es zwey ganzer Jahre vorher, am 28ten Dec. 1789. Abends 5 Uhr, erschienen war. Die um 731 Tage 15 Stunden von einander entfernten Beobachtungen geben genau 752 Umwälzungen, wenn jede zu 23 Stund. 20 Minut. 59,4 Sekund. angenommen wurde, wofür Herr Schröter 23 Stunden 21 Minuten annimmt, die auch mit mehreren Resultaten

°) Cytheorographische Fragmente, oder Beobacht. über die sehr beträchtlichen Gebirge und die Rotation der Venus. Erf. 1793. 4.

taten aus andern Zwischenzeiten bis auf eine Kleinigkeit übereintrifft.

Ueberdieß hatte Herr Schröter schon aus seinen ersten Beobachtungen geschlossen, daß der Aequator der Venus eine beträchtliche Neigung gegen die Ekliptik haben, und die Pole von den Hornspitzen ziemlich entfernt liegen müssen. Im Jahr 1793. hat sich nicht allein durch mehrere und genauere Beobachtungen die Rotation der Venus bestätigt, sondern auch eine Libration der Venus sich ergeben. Es zeigte sich nämlich am 26ten Febr. das nördliche Ende der Erleuchtungsgrenze abgerundet, das südliche hingegen mit einer deutlichen abgetheilten, etwas hervorragenden Spitze. Dieses verlor sich allmählig so, daß das südliche Ende nach zwey Stunden eben so abgerundet erschien, als das nördliche. Am folgenden Tage bemerkte er das nämliche etwa 40 Minuten früher. Bey andern Digressionen der Venus von der Sonne aber zeigte es sich nicht, zum Beweise, daß nicht immer einerley Theile der Venusfläche bey ihrer Umdrehung in die sichtbare Hälfte kommen.

Auch stellt Herr Schröter etwas einem Flecken ähnliches auf der Fläche der Venus dar, welches aber sehr undeutlich begrenzt ist. Aus den auf derselben beobachteten abstehenden Lichtpunkten aber hat er auf Höhen der Venusberge von 4,2 geographischen Meilen, und nachher von 5,6 geographischen Meilen oder 21360 Toisen geschlossen.

Schon seit 1780. hat Herr Schröter, noch mit achromatischen Fernröhren, einen starken Abfall des Lichts im Ab- und Zunehmen an der Venus bemerkt, und daraus auf eine Atmosphäre derselben geschlossen. Das Licht der sichelförmigen Venus war

beständig am äußern Rande am stärksten, fiel von da bis zur Lichtgrenze mehr ab, und schien unmittelbar an dieser Grenze so schwach, daß es sich gewöhnlich in einer matten bläulich grauen Farbe verlor. In der Folge fand er bey mehrerer Aufmerksamkeit deutliche Kennzeichen einer Dämmerung, welche sich, wenn man den Halbmesser der Venus = 834 geographische Meilen setzt, von der Erleuchtungsgrenze senkrecht über einen Flächenstrich von 67 Meilen in die Nachtseite erstreckt. Daraus findet er den untern dichtern Theil der Venusatmosphäre, von welchem diese Dämmerung herrührt, 2526 Toisen hoch, jedoch mit der Unsicherheit, daß wir den Betrag der dortigen Strahlenbrechung nicht kennen, auch, wie bey der Erde, nicht wissen, ob die Dämmerung von einmaliger oder mehrmaliger Reflexion herrührt [p]).

In einem Aufsatze in den englischen Transactionen [q]) lehrt Herr Schröter die Methode, die Entfernung des Dämmerungskreises von der Lichtgrenze zu bestimmen. Das Dämmerungslicht verliert sich nämlich auf der Venus nur allmählig bis in Hornspitzen, deren Sehne vom Venusrande weiter als um den Halbmesser absteht; diese Sehne begrenzt die Projektion des Dämmerungskreises, und auf diese Art läßt es sich begreifen, wie durch Sphärik die wahre Entfernung des letztern aus dem Verhältnisse des beobachteten Abstandes der Sehne zum scheinbaren Halbmesser gefunden werden könne. Herr Schröter giebt die Entfernung des Dämmerungskreises in den Transactionen $4^{\circ}\ 35'\ 34''$ bis $4^{\circ}\ 36'\ 28''$ an; die Vergrößerun-

p) Götting. gelehrte Anzeig. 1792. St. 77. u. 86.

q) Vol. LXXXII. Auch Götting. gelehrte Anzeig. 1793. S. 1058.

ßerungen waren aber nur schwach, auch hatte er nicht gerade die Zeitpunkte benutzt, in welchen die Dämmerung am stärksten ist, welches die nächsten Tage vor und nach der untern Conjunktion sind.

Neuere Beobachtungen mit stärkern Vergrößerungen zur Zeit der untern Conjunktion am 2ten Jan. 1795. gaben die Entfernung des Dämmerungskreises größer. Am 17ten Dec. 1794. ward der scheinbare Durchmesser der Venus = 56″, die Entfernung der Sehne = 34″ gefunden; daraus findet sich die Entfernung des Dämmerungskreises = 6° 33′ 50″. Herr Schröter bemerkt, daß man nur solche Beobachtungen vergleichen dürfe, welche mit einerley Werkzeuge und gleichen Vergrößerungen angestellt sind. Das Resultat von allen ist, daß man im Durchschnitt die Horizontalrefraction in der Venus etwa auf 30′ 34″ setzen könne.

Auch Herr Herschel [r]) hat die größere Helligkeit der Venus gegen den äußern Rand wahrgenommen, und daraus auf eine dichte Atmosphäre derselben geschlossen, welche das Licht nach verschiedenen Richtungen reflektire und breche.

Alle Beobachtungen, welche Herr Oberamtmann Schröter an der Venus gemacht hat, hat er in einem eigenen schönen Werke zusammengetragen, welches den Titel führt: Aphroditographische Fragmente zur genaueren Kenntniß des Planeten Venus; sammt beygefügter Beschreibung des Lilienthalischen 27füßigen Teleskops, mit praktischen Anmerkungen und Beobachtungen über die Größe der Schöpfung; mit 10 Kupfertaf. Helmstädt 1796. 4.

Was

r) Philos. Trans. Vol. LXXXIII. P. II.

Was den vermeinten Venusmond anbetrifft, so hat Lambert *) alles zusammengetragen, was etwa für die Beobachtung eines solchen Trabanten dienen könnte, und daraus eine Theorie für seinen Lauf in Tafeln berechnet. Hieraus schien zu folgen, daß er den 1ten Jun. 1777. in der Sonnenscheibe zu sehen sey. Allein man hat bis jetzt nichts dergleichen wahrgenommen.

Die Größe der Masse der Venus hat man bisher noch nicht genau angeben können. Gewöhnlich hat man sie etwas kleiner als unsere Erde angenommen; Herschel giebt sie aber etwas größer als unsere Erde an. In den Wiener Ephemeriden für 1794. findet sich über die Masse der Venus eine ausführliche Abhandlung vom Herrn Triesnecker, in welcher dieselbe nach einem Mittel aus mehreren Angaben = 1,0559 gegen die Masse der Erde = 1 gesetzt wird. Nach la Place's Bestimmungen aber wäre die Masse der Venus, gegen die Erde = 1 genommen, = 1,1616. Die Dichtigkeit der Venus setzt de la Lande = 1,275, wenn die Dichtigkeit der Erde = 1 gesetzt wird.

Ueber den Planeten Merkur sind erst in den neuesten Zeiten, besonders von den Herren Vidal zu Mirepoix und Schröter in Lilienthal, die merkwürdigsten Beobachtungen angestellt worden. Ersterer hatte aus den seinigen schließen wollen, daß sich Merkur in 16 oder 24 Stunden um seine Achse drehe. Herr Schröter hat aber nähere Beobachtungen am Merkur angestellt, und daraus fast apodiktisch bewiesen: 1. daß

*) Mémoir. de l'Acad. de Prusse. 1733. Vom Trabanten der Venus, in den Berlin. Ephemeriden für 1777. Samml. S. 178. 1778. S. 116.

1. daß sich Merkur, so wie unsere Erde, in 24 Stunden 0 Minut. einmal um seine Achse drehe, und zwar bis höchstens auf etliche Minuten völlig genau; 2. daß sein Naturbau dem der Venus durchaus vollkommen ähnlich sey, sowohl in Absicht des Körpers als der Atmosphäre; 3. daß auch dieser Planet seine höchsten Gebirge in der südlichen Halbkugel habe, so wie unsere Erde, der Mond und die Venus; 4. daß das Verhältniß der Höhe seiner höchsten Gebirge zu seinem Durchmesser eher noch etwas größer, als das der Gebirgshöhen des Mondes und der Venus sey.

Die Hauptbeobachtung, welche diesen Sätzen zum Grunde liegt, ist vom 26ten März 1800. Als Herr Schröter den Merkur in Ansehung seines atmosphärischen Lichtabfalls beobachten wollte, stieß ihm die unerwartete Entdeckung auf, daß ihm bey sehr heiterer Luft das südliche Horn des Merkurs Abends um 7 Uhr eben so abgerundet ins Gesicht fiel, als zuweilen das südliche der Venus; das nördliche Horn hingegen zeigte sich mit einer hervortretenden scharfen Spitze. Am Abend des 27. März, um 6 Uhr 30 Minut., fand er das südliche Horn wieder eben so, wie $23\frac{1}{2}$ Stunde vorher, aber nicht völlig so stark abgerundet. Um 7 Uhr 5 Minut. bis 25 Minut. hingegen erschien es wieder völlig so stark, als Abends vorher um die nämliche Zeit, abgerundet, das nördliche hingegen wieder mit derselben vortretenden Spitze. Dieß alles fand auch Herr Harding eben so gewiß und sicher mit dem 7füßigen Reflektor, wie es Hr. Schröter mit dem 13füßigen gesehen hatte. Am 31ten März Nachmittags um 1 Uhr 6 Minut. sahe Schröter mit dem 10füßigen Dollond von 4 Zoll Oeffnung in der Mittagsfläche den Merkur bey heiterer Luft im schärf-

schärfsten reinsten Bilde, an beyden Hörnern spitzig, aber am südlichen nicht völlig so spitzig, sondern am äußern Rande ein Paar Ungleichheiten, den Dörfelschen Randgebirgen im Monde ähnlich. Des Abends war die Luft zu Beobachtungen untauglich, indeß ließ sich doch zuweilen etwas von der gewöhnlichen Abrundung des südlichen Horns bemerken. Den 1ten April, 30 Stunden nach jener Meridianbeobachtung, nämlich 7 Uhr 30 Minut., war aber bey guter Luft das südliche Horn zum dritten mal wieder ganz so stark abgerundet, das nördliche aber spitzig. Herr Harding bemerkte in der Folge noch, daß die Abrundung während der Beobachtung wirklich zugenommen habe, und beym Schlusse derselben am stärksten gewesen sey.

Die Größe der Masse des Merkurs ist bis jetzt eben so wenig genau bestimmt, als die der Venus. Nach la Place macht die Masse des Merkurs $\frac{1}{2025810}$, und die der Erde $\frac{1}{329809}$ der Sonnenmasse aus, mithin wäre nach dieser Bestimmung die Masse des Merkurs etwa 6mal geringer als die Masse der Erde. De la Lande schätzt sie 7mal geringer als die Masse der Erde, und hiernach wäre die Dichtigkeit des Merkurs doppelt so groß als die Dichtigkeit der Erde.

In Ansehung des Planeten Mars hat man schon längst auf eine Umdrehung desselben um seine Axe geschlossen (Th. I. S. 494). Nach la Place beträgt diese Umdrehungszeit 24 Stund. 1 Min. 38 Sek, und nach Herschel ist die Umdrehungsaxe gegen die Ekliptik unter dem Winkel 59° 42′ geneigt. Auch hat Hr. Herschel gefunden, daß diese Umdrehungsbewegung dem Mars eine sphäroidische Gestalt gegeben hat, de-

ren Aequatorialdurchmesser sich zur Axe wie 16 : 15 verhält. Ueberdem hat dieser Planet nach Herschel eine starke, aber gemäßigte Atmosphäre, so daß sich dessen Bewohner fast in eben dem Zustande befinden, wie wir.

Nach la Place hat der Mars 5,6mal weniger Masse als die Erde; nach de la Lande's Bestimmungen aber 5mal weniger, und seine Dichtigkeit wäre also etwas über $\frac{2}{3}$ von der der Erde.

Marstafeln hat le François la Lande berechnet, wobey der Irrthum nicht über etliche Sekunden geht. Auch von Oriani sind Tafeln berechnet worden, welche sich in den Mayländischen Ephemeriden befinden.

Die Streifen oder Banden des Planeten Jupiter hat Herr Schröter [t]) durch ein siebenfüßiges Herschel'sches Teleskop mit 140- bis 210facher Vergrößerung beobachtet. Er hält sie für abwechselnde Verdickungen und Aufheiterungen in der Atmosphäre des Jupiters, welche sich aus einem beständigen Zuge in derselben erklären lassen. Ihre Umlaufsbewegung ist veränderlich, und fällt zwischen die Grenzen von 7 Stunden 7 Minut., und 9 Stund. 56 Minut. Folglich ist auch ihre Lage gegen die Oberfläche des Jupiters veränderlich, und sie bewegen sich schneller, wenn der Zug in der Atmosphäre stärker ist. Nach der Vermuthung des Herrn Herschel [u]) sind die dun-

keln

t) Beyträge zu den neuest. astronom. Entdeck. herausg. von Bode. Berlin 1788. 8.

u) Philos. Transact. for 1793. Vol. LXXXIII. P. II.

keln Streifen im Jupiter Theile der Oberfläche desselben selbst, das Helle hingegen atmosphärische Produkte. Nach la Place leiten die Veränderungen einiger auf dem Jupiter beobachteten Flecken, und die merklichen Unterschiede in der Dauer der Umdrehungen, welche sich aus ihren Bewegungen ergeben, auf die Vermuthung, daß sie nicht an dem Jupiter selbst haften. Vielmehr scheinen sie ihm eben so viele Wolken zu seyn, welche die Winde in einer stark bewegten Atmosphäre mit verschiedenen Geschwindigkeiten forttreiben.

Sehr genaue Tafeln der Jupiterstrabanten hat de Lambre geliefert. Diese gründen sich vorzüglich auf die allgemeine Theorie der Attraction, wobey nur die unentbehrlichsten Bestimmungsstücke von den Beobachtungen entlehnt sind. Nach dem Urtheile des Herrn la Place haben diese Tafeln den Vorzug, sich über alle Jahrhunderte zu erstrecken, indem sie diese Bestimmungsstücke in eben dem Maaße berichtigen, als sie besser bekannt seyn werden. Um aber die Theorie, welche diesen Tafeln zur Grundlage gedient hat, festzusetzen, war es nöthig, die Massen der Trabanten und die Abplattung des Jupiters durch Näherung zu kennen. Fünf durch Beobachtung gegebene Stücke sind nothwendig, um die fünf unbekannten zu finden. Die, von welchen la Place Gebrauch gemacht hat, sind die zwey beträchtlichsten Ungleichheiten des ersten und zweyten Trabanten, die Periode der Veränderungen der Neigung der Bahn des zweyten Trabanten, die Mittelpunktsgleichung des dritten Trabanten, die sich auf die Jupitersnähe des vierten bezieht; endlich die Bewegung dieser Jupitersnähe. La Place hat hiernach die Massen der Trabanten

tanten, die Masse des Jupiters = 1 genommen, auf diese Art angegeben:

1ter Trabant — 0,0000172011
2ter Trabant — 0,0000237103
3ter Trabant — 0,0000872128
4ter Trabant — 0,0000544681

Von der Umwälzung des Saturns um seine Axe hat man lange Zeit nichts gewußt. Erst im Jahr 1755. trug Kant [x]) eine Hypothese über die Entstehung des Saturnsringes vor, wobey er die Umdrehungszeit des Ringes nach den Kepler'schen Regeln so berechnet hat, wie man die Umlaufszeit eines Trabanten aus seiner Entfernung sucht, wenn die Umlaufszeit und die Entfernung eines andern Trabanten bekannt sind. Er glaubte hieraus auf die Umwälzung des Saturns selbst schließen zu können, indem er voraussetzte, daß die Geschwindigkeit im Innern des Ringes der Geschwindigkeit im Aequator des Planeten gleich sey. Und hiernach fand Kant die Zeit der Umwälzung des Saturns um seine Axe 6 Stunden 23 Minuten 53 Sekunden. Allein diese ganz willkührlichen Voraussetzungen, welche sich weder auf Beobachtungen noch auf irgend eine bekannte Theorie gründeten, konnten nichts Gewisses lehren. Herr Bugge [y]) in Kopenhagen berechnete die Umdrehungsgeschwindigkeit des Saturns aus der beobachteten Abplattung. Aus einem Mittel von 120 Beobachtungen glaubte er das Verhältniß seiner Axe zum Durchmesser

x) Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels. Königsb. u. Leipz. 1755. 8.

y) Nye Samling af der kongel. Danske Videnskabers Selkabs Skrifter Th. IV. H. 2. N. 4. und in Bode'ns astronom. Jahrbuch für 1789.

messer des Aequators, wie 100:148 oder fast wie 2:3 setzen zu können, und berechnete daraus die Umdrehungszeit auf 6 Stunden, oder nach einem Durchschnitte aus mehreren auf verschiedene Art gesuchten Resultaten 6 Stunden 5 Minuten 5 Sekunden, welches mit der Kant'schen Berechnung eine große Uebereinstimmung war. Weil sich diese Berechnung auf keine willkührliche Voraussetzung, wie die Kant'sche, gründete, so glaubte man in Kant's Angabe eine Vorhersagung zu erblicken, welche sich nach mehr als 30 Jahren durch Beobachtung bestätigt habe. Aus einer ganz andern Beobachtung aber, wornach man das Verhältniß der Axe zum Durchmesser des Aequators wie 15,855 : 18,12 gefunden hatte, gab Henry Usher [z]) die Umlaufszeit des Saturns ganz anders an. Nach den Angaben Newton's in seinen Principien fand er sie 10 Stunden 12 Minuten 30 Sekund., und nach der Dichtigkeit des Saturns, durch eine Angabe des de la Lande, 10 Stund. 44 Minut. 30 Sek. Aus noch einer andern Beobachtung Herschel's vom 14ten Sept. 1789., nach welcher sich die Axe des Saturns zum Durchmesser seines Aequators wie 20,61 : 22,81 oder beynahe wie 10 : 11 verhält, fand Herr Wilde [a]) in Göttingen die Umdrehungszeit des Saturns nach Newton's Angaben 11 Stunden 17 Minuten 8 Sekund. und nach Klügel's Verhältniß der Erddurchmesser 12 Stund. 31 Minut. 20 Sek. Aus noch andern Beobachtungen des Herrn Calandrelli zu Rom vom August bis Dec. 1789., nach welchen der

z) Transact. of the Royal Irish Academy for 1789.

a) De rotatione annuli saturni comment. pars prior. Hanov. 1795. 4. §. 20.

der Durchmesser des Aequators 16″,1, und die Axe 13″,3 sich ergaben, würde die Umdrehungszeit des Saturns um seine Axe 11 Stunden 39 Minut. folgen [b]). Aus alle diesem erhellt, daß aus den Beobachtungen über die Abplattung des Saturns keine sichern Data hergenommen werden können, um daraus über die Umdrehung etwas sicheres zu bestimmen. Daher diese Beobachtungen Kant's Vermuthung im Grunde weder bestätigen noch widerlegen.

Endlich aber entdeckte Herr Herschel, welcher schon zuvor auf dem Saturn Streifen, wie die auf dem Jupiter, wahrgenommen hatte, aus deren Bewegung sich eine Rotation nach eben der Richtung, wie bey den übrigen, schließen ließ, die Umdrehungsbewegung dieses Planeten durch unmittelbare Beobachtungen. Er fand nämlich die Dauer dieser Umdrehung nach einer sehr guten Beobachtung 10 Stund. 16 Minut. 0,32 Sekund. Die Anzahl der Streifen auf der Oberfläche betrug nach seinen nachherigen Beobachtungen fünf; sie schienen mit dem Aequator dieses Planeten beynahe parallel zu seyn.

Den bewundernswürdigen Ring des Saturns hat man bis auf die neuesten Zeiten beständig für einfach gehalten, wiewohl bereits der ältere Cassini, Short und Hadley auf der Fläche des Saturnsringes einen oder mehrere Streifen wahrnahmen. Herr Herschel beobachtete endlich eine dunkele Zone auf der Nordseite des Ringes 10 Jahre lang, und vermuthete schon in den Transactionen für 1790., daß diese dunkle Zone nichts weiter, als eine beständig bleiben-

de

b) Ephemerides astron. an. 1795. a Franc. de Paula Triesnecker et Joh. Burg supputatae. Vienn. 1794. 8. append. n. I.

de Durchsicht zwischen zwey Ringen sey. Zugleich schloß er aus hellen Flecken, welche er auf dem Ringe wahrnahm, auf eine Umdrehnug desselben in 10 Stund. 32 Minut. 15,4 Sekunden. Diese Muthmaßung, daß der bisher angenommene einfache Ring wirklich in zwey Ringe gespalten sey, war ihm aus den seit dem Aug. 1779. gemachten Beobachtungen der südlichen Ringfläche noch wahrscheinlicher c). Er sahe wiederhohlt und mit verschiedenen Vergrößerungen beständig die dunkle Zone, welche auf beyden Seiten gleich breit war, und sich auf jeder Hälfte des Ringes bis nahe an den Saturn verfolgen ließ; mit 600facher Vergrößerung etwa bis dahin, wo eine auf dem längsten Durchmesser des Ringes senkrechte Linie den dunkeln Raum zwischen Saturn und Ring zur Hälfte theilt. Herr Herschel glaubt hieraus schließen zu können, Saturn besitze zwey concentrische Ringe von ungleicher Größe und Breite, welche sehr wahrscheinlich gegen seinen Aequator sich neigen. Für die Theilung des gewöhnlich als einfach betrachteten Saturnusringes führt er vorzüglich diese Ursache an, daß bey der Dünne und außerordentlichen Breite des Ringes, wenn er ungetheilt wäre, fast ein Wunder dazu gehörte, ihm Festigkeit genug zu geben, damit er bey der Umwälzung immer ganz bliebe; da sich hingegen beym getheilten Zustande eine verschiedene Umdrehung jedes Theils denken lasse, welche seiner Bildung und Festigkeit angemessen sey.

Die Angaben der Größen beyder Ringe und ihres Zwischenraums sind diese:

Innes

c) On the Ring of Saturn and the Rotation af the fifth Satellite upon its axis in Philos. Transact. Vol. LXXXII. im Auszuge in Bode astronom. Jahrb. für 1796. imgl. im Gothaischen Magaz. B. IX. St. 4. S. 50. f.

Innerer Durchmesser des kleinsten Ringes	5900	Theile
Aeußerer - - - -	7510	—
Innerer Durchmesser des größten Ringes	7740	—
Aeußerer - - - -	8300	—
Breite des innern Ringes - -	805	—
Breite des Zwischenraums - -	115	—
Breite des äußern Ringes - -	280	—

Hiernach ist also die ganze Breite des bisher als einfach betrachteten Ringes 1200 Theilen gleich, mithin beträgt die Breite der Oeffnung zwischen beyden Ringen noch nicht den 10ten Theil derselben. Vergleichungen dieser Angaben mit den Pound'schen, und Muthmaßungen über die Größe der hier angenommenen Theile findet man bey Kästner[d]).

Herr Herschel setzt den scheinbaren Durchmesser des ganzen Ringes, in der mittleren Entfernung von der Sonne gesehen, nach einem Mittel aus mehreren Messungen auf 46",677. Hieraus berechnet Herr Wildt, mit Herschels Beobachtung des Sonnendurchmessers verglichen, das Verhältniß beyder wie 2,16 : 1. Den ganzen Durchmesser des Ringes findet Herr Herschel beynahe 26mal größer, als den Durchmesser der Erde, und seine scheinbare Größe, in der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne gesehen, $7\frac{1}{4}$ Minuten oder $\frac{1}{4}$ des Sonnendurchmessers.

Da die Dicke des Saturnusringes, welcher nach Herscheln aus zwey concentrischen Ringen gebildet wird, so sehr gering ist, so entsteht die physische Frage, durch welchen Mechanismus erhalten sich dieses

d) Astronomie, 4te Aufl. Götting. 1792. nach der Vorrede. S. XIV. XV.

se beyden Ringe um den Saturn? Herr la Place beantwortet diese Frage so: es ist nicht wahrscheinlich, daß dieß durchs bloße Anhängen ihrer Elemente geschehe; denn alsdann würden ihre dem Saturn nahe liegenden Theile, da sie durch die immer wiederholte Wirkung der Schwere getrieben werden, sich auf die Länge von den Ringen ablösen, welche durch eine unmerkliche Abnahme endlich vernichtet werden würden, so wie alle Werke der Natur, welche nicht hinreichende Kräfte hatten, um der Einwirkung fremder Ursachen zu widerstehen.

Diese Ringe erhalten sich also ohne ein besonderes Bestreben und durch die bloßen Gesetze des Gleichgewichts. Zu diesem Ende muß man ihnen eine Umdrehungsbewegung um eine auf ihrer Ebene lothrechte und durch Saturns Mittelpunkt gehende Axe beylegen, damit ihre Schwere gegen den Saturn durch ihre von dieser Bewegung herrührende Centrifugalkraft im Gleichgewichte erhalten wird.

Man stelle sich also eine in Gestalt des Ringes um den Saturn verbreitete gleichartige Flüssigkeit vor, und erforsche, was sie für eine Figur haben müsse, damit sie vermöge der wechselseitigen Anziehung ihrer Elemente, vermöge ihrer Schwere gegen den Saturn und ihrer Centrifugalkraft im Gleichgewichte sey. Wenn man durch des Planeten Mittelpunkt eine auf der Ebene des Ringes lothrechte Ebene legt, so entsteht ein Durchschnitt der Ebene, welche la Place die erzeugende Curve nennt. Nun hat la Place mit Hülfe der Analyse gefunden, daß, wenn die Dicke des Ringes in Vergleichung mit seiner Entfernung von Saturn's Mittelpunkte nicht beträchtlich ist, das Gleichgewicht der Flüssigkeit möglich ist, wenn

wenn die erzeugende Curve eine Ellipse ist, deren große Axe gegen des Planeten Mittelpunkt gerichtet ist. Die Umdrehungszeit des Ringes ist ungefähr die nämliche, wie die Umlaufszeit eines Trabanten, welcher sich in der Entfernung des Mittelpunkts der erzeugenden Ellipse kreisförmig bewegt, und diese Zeit ist ohngefähr $4\frac{1}{3}$ Stunde für den innern Ring.

Das Gleichgewicht der Flüssigkeit würde noch bestehen, wenn man die Größe und Lage der erzeugenden Ellipse durch den ganzen Umfang des Ringes veränderlich setzte, wofern diese Veränderungen nur erst in viel größern Entfernungen, als die Axe des erzeugenden Durchschnitts ist, merklich wären.

Man kann also annehmen, der Ring habe in seinen verschiedenen Theilen eine ungleiche Dicke, ja man kann sogar setzen, er habe eine doppelte Krümmung. Diese Ungleichheiten werden durch die Phänomene des Erscheinens und Verschwindens des Ringes, die bey den beyden Armen desselben verschieden waren, angezeigt; sie sind sogar nothwendig, um den Ring im Gleichgewichte um den Planeten zu erhalten; denn wenn er in allen seinen Theilen vollkommen ähnlich wäre, so würde sein Gleichgewicht durch die geringste Kraft, z. B. durch die Attraction eines Trabanten, gestört werden, und der Ring würde sich endlich auf den Planeten stürzen.

Die den Saturn umgebenden Ringe sind also unregelmäßige feste Körper von ungleicher Dicke in verschiedenen Punkten ihres Umfanges, so daß ihre Schwerpunkte mit den Mittelpunkten ihrer Figur nicht zusammenfallen. Diese Schwerpunkte können als eben so viele Trabanten betrachtet werden, die sich um Saturns Mittelpunkt in Entfernungen bewegen, wel-

che

che von den Ungleichheiten der Ringe abhangen, und mit Winkelgeschwindigkeiten, die den Geschwindigkeiten der Umdrehung ihrer zugehörigen Ringe gleich sind.

Begreiflich müssen diese Ringe, welche durch ihre eigene Wechselwirkung, durch die Wirkung der Sonne und Saturnustrabanten getrieben werden, sich um den Mittelpunkt dieses Planeten schwingen, und ihre Knoten mit der Ebene der Bahn des Planeten müssen rückläufige Bewegungen haben. Man könnte glauben, daß sie aufhören müßten, in der nämlichen Ebene zu seyn, weil sie unter der Einwirkung verschiedener Kräfte stehen; aber, da Saturn eine schnelle Umdrehungsbewegung hat, und die Ebene seines Aequators mit der des Ringes und der sechs ersten Trabanten einerley ist, so erhält seine Wirkung das System dieser verschiedenen Körper in dieser Ebene. Die Wirkung der Sonne und des siebenten Trabanten verursacht bloß eine Veränderung in der Lage der Aequatorsebene des Saturns, welcher bey dieser Bewegung die Ringe, und die Bahnen der sechs ersten Trabanten durch einen Mechanismus fortführt, der demjenigen ähnlich ist, welcher die Bahnen der Jupiterstrabanten, und hauptsächlich die des ersten, ungefähr in der Aequatorsebene dieses Planeten erhält.

Die von Herschel aus Beobachtungen abgeleitete Rotationsperiode des Ringes von 10 Stunden 32 Minuten 15 Sekunden, und die von la Place nach der Theorie gefundene von ohngefähr 10 Stunden hat sich durch Beobachtungen der Herren Schröter und Harding nicht bestätigt. Diese entdeckten nämlich knotenartige Lichtflecken, sowohl in der westlichen, als auch nachher in der östlichen Ringfläche, woraus sie schlossen, daß der Ring entweder in 24, 12 und

8 Stun-

8 Stunden eine Rotation vollenden, oder wie sich fast bis zur völligen Ueberzeugung ergeben hat, dieser Ring wohl gar nicht rotiren dürfte. Eine ausführliche Anzeige der Beobachtung selbst steht in den Götting. gelehrt. Anzeig. St. 33. 1803. Demnach bildet der Ring über jeden Punkt des Saturnäquators ein völlig feststehendes Himmelsgewölbe, welches in einen ganzen Kreis geschlossen mit der Saturnkugel durch bekannte Naturkräfte um die Sonne geführt wird. Aus andern Ansichten der einzelnen Seiten der Ringfläche, mit frühern seit einem halben Umlauf des Saturns verglichen, scheint noch der alternative Satz zu folgen: entweder rotirt der Ring gar nicht, oder er rotirt während des 30jährigen Umlaufs des Saturns, allen uns näher bekannten Trabanten gewisser Maaßen ähnlich, einmal; so daß die Sache noch nähere Untersuchungen und umständliche Vergleichung der ältern und neuern Beobachtungen über die südliche und nördliche erleuchtete Ringfläche erfordert.

Daß Saturn mit einer wirklichen Atmosphäre versehen sey, schließt Herr Herschel [e]) aus den Veränderungen der Streifen dieses Planeten. Diese Vermuthung bestätigt sich noch dadurch, daß seine Trabanten, wenn sie hinter ihm treten, lange an der Scheibe zu hangen scheinen, ehe sie verschwinden, bey welcher Erscheinung, wenn man auch etwas davon der Beugung des Lichts zuschreiben wollte, doch auch Refraktion in dem Medium der Atmosphäre mitwirken müsse. Nun bemerkt Herr la Place, daß die Atmosphäre sich um den Aequator nur so weit ausdehnen könne, bis die Centrifugalkraft der Schwere genau

e) Philos. Transact. Vol. LXXX. art. 1.

genau das Gleichgewicht halte, weil die Atmosphäre bloß durch ihre Schwere gegen den Planeten zurückgehalten werden kann. Der Punkt, wo die Centrifugalkraft der Schwere das Gleichgewicht hält, ist dem Körper um so viel näher, je schneller die Umdrehungsbewegung ist. Stellt man sich nun vor, daß die Atmosphäre sich bis an diese Grenze erstrecke, und daß sie sofort sich zusammenziehe und durch die Erkältung an der Oberfläche des Körpers verdichte, so wird die Umdrehungsbewegung immer schneller werden, und die äußerste Grenze der Atmosphäre wird sich ohne Unterbrechung dem Mittelpunkte nähern. Die Atmosphäre wird also allmählig in der Ebene ihres Aequators flüssige Zonen absetzen, welche fortfahren werden, um den Körper zu laufen, weil ihre Centrifugalkraft ihrer Schwere gleich ist; da aber diese Gleichheit bey den von dem Aequator entfernten Elementen der Atmosphäre nicht statt findet, so werden diese nicht aufhören, ihr anzugehören. So scheint nach Herrn la Place der Saturnusring entstanden zu seyn.

Bisher waren fünf Trabanten des Saturns bekannt; Herschel entdeckte aber durch sein 40füßiges Spiegelteleskop noch zwey Monde des Saturns, nämlich den einen am 18ten Aug. 1789, und den andern am 17ten September darauf. Diese beyden stehen zunächst am Saturn. Herr Herschel hat von ihnen in den philosophischen Transactionen [f]) Nachricht ertheilt, wo auch Tafeln für alle sieben Trabanten mit einer sehr großen Zeichnung von 6 Bahnen vorkommen. Damit nun die Ordnung nicht gestört werden möge, in welcher man sie bisher gezählt hat, neunt

f) Philos. Trans. Vol. LXXX. art. 23.

nennt er die beyden neuen den sechsten und den siebenten, so daß der siebente der innerste ist.

Bey dem fünften Trabanten hatte man besonders wahrgenommen, daß das Licht desselben, wenn er auf der Morgenseite des Saturns steht, so schwach wird, daß es schwer hält, ihn gewahr zu werden. Schon Huygens vermuthete, daß diese Erscheinung von den Flecken herrühre, welche die Halbkugel, die er uns zuwendet, bedecken. Herr Herschel [g]) hat endlich durch direkte Beobachtungen der Flecken gefunden, daß diese Erscheinung daher rühre, weil sich dieser Trabant, wie der Mond unserer Erde, in einer Zeit, die der seines Umlaufs um den Saturn gleich ist, um sich selbst drehe.

In den neuern Zeiten sind außer den längst bekannten fünf Planeten noch einige andere entdeckt worden, eine Folge der großen Vollkommenheit der Teleskope. Herr Herschel war im Jahre 1781 mit Beobachtung der Fixsterne durch seine Teleskope beschäftigt, als er endlich am 13ten März durch sein siebenfüßiges Newtonsches Teleskop einen kleinen Stern zwischen den Hörnern des Stiers und den Füßen der Zwillinge gewahr ward, welcher bey 227facher Vergrößerung merklich größer war, als die benachbarten, mit bloßen Augen gleich groß aussehenden Sterne, und welcher schon einen kenntlichen Durchmesser zu haben schien. Mit 460- und 932facher Vergrößerung zeigte er eine merkliche Scheibengestalt. Nunmehr bestimmte er mittelst eines Mikrometers die Stellung desselben gegen die benachbarten Sterne [h]), und bemerk-

g) Philos. Trans. Vol. LXXXI. LXXXII.
h) Ibid. for 1781. Vol. LXXI. P. I.

bemerkte eine Veränderung seiner Lage, wodurch er sich noch mehr von den Fixsternen auszeichnete. Anfänglich hielt ihn zwar Herr Herschel für einen Kometen; allein der gänzliche Mangel eines Nebels oder eines Schweifes, und sein nach einigen Tagen entdeckter regelmäßiger Lauf, ließ ihm bald vermuthen, daß es ein bisher unbekannter Planet seyn möge. Am 14ten März stand er gerade in der Quadratur mit der Sonne, welche ihm nun täglich näher kam. Zu dieser Zeit gieng er rechtläufig, und beynahe parallel mit der Ekliptik, in 24 Stunden nur um $\frac{3}{4}$ Minuten fort; sein Lauf ward aber immer schneller, je näher ihm die Sonne kam, gerade so, wie es der Theorie der Planeten gemäß ist.

Nachdem Herr Herschel der königlichen Societät Nachricht davon ertheilt hatte, fand endlich auch D. Maskelyne, wiewohl mit einiger Mühe, diesen Stern am 17ten März, und er fieng am 1ten April an, die Beobachtungen desselben fortzusetzen. Diese Entdeckung meldete er Hrn. Messier in Paris, welcher am 16ten April den Stern zu beobachten anfieng.

Hievon wurde Herr Bode in Berlin im Monat May benachrichtigt; aber wegen der schon eintretenden langen Abenddämmerung konnte man ihn hier nicht mehr sehen, ob ihn gleich die Mayländischen Astronomen zu Pisa noch in dem Monat May fanden. Indessen ließ sich doch schließen, daß er am 19ten Juni zur Sonne kommen, und etwa im Julius in der Morgendämmerung wieder sichtbar werden müßte.

In Paris ward er wirklich schon am 18ten Juli wieder gesehen, indem daselbst die Morgendämmerung etwas später, als bey uns, anbricht. Endlich fand

fand ihn Herr Bode am 1ten August, und von dieser Zeit an wurde er von mehreren Astronomen ununterbrochen beobachtet. Am 25ten Sept. sahe man ihn wieder in Quadratur mit der Sonne kommen, und gleich darauf seinen Stillstand und Rückgang machen, welcher immer schneller erfolgte und am 22ten Dec., wo er mit der Sonne im Gegenschein war, täglich $2\frac{1}{2}$ Minute ausmachte, wobey seine nördliche Breite immer größer ward.

Gleich bey der Entdeckung dieses Sterns hielten ihn die englischen Astronomen für einen Planeten; die französischen hingegen glaubten, daß er ein Komet sey. Die ununterbrochen fortgesetzten Beobachtungen seines Laufs aber setzten es noch im Jahre 1781 außer allem Zweifel, daß er ein wirklicher Planet sey, der jenseits der Saturnusbahn in einer Ellipse um die Sonne laufe, und uns beständig sichtbar bleiben werde. Aus den Erscheinungen seines Laufs berechnete man, daß er 18 bis 19 mal weiter von der Sonne entfernt sey, als unsere Erde, und folglich nach den Kepler'schen Regeln seinen Umlauf erst in 80 bis 90 Jahren vollende.

Herschel ward für diese seine Entdeckung, wie es die Engländer gewohnt sind, reichlich belohnt. Uebrigens erscheint dieser Planet als ein kleiner Stern von sechster Größe, den bloßen Augen kaum sichtbar. Indessen hat ihn doch Herr Herschel mehrmals bey heiterer Luft mit bloßen Augen gesehen [i]). Herr Bode sahe ihn ohne Mühe durch ein Nachtfernrohr von 9 Zoll Länge, maß auch einige mal durch einen Lambert's

i) Philos. Transact. for 1783. Vol. LXXIII. P. I. n. I.

bert'schen Sternausmesser von 12 Zoll Länge seine Entfernung von benachbarten Fixsternen, und bemerkt, daß einige seiner Freunde selbigen bey recht heiterer Luft auch ohne Fernrohr gefunden hätten, wenn er ihnen seine Stelle nur genau angegeben habe.

Man hat hiebey sonderbar gefragt, warum man diesen Planeten nicht eher und gerade jetzt erst beobachtet habe? bloß um zweifelhaft zu machen, ob dieser Stern jederzeit am Himmel gestanden habe, und ob er nicht vielmehr eine kometenähnliche, bloß periodische Erscheinung sey. Dadurch ward Herr Bode veranlaßt, in den Fixsternverzeichnissen nachzusehen, ob nicht vielleicht bey den darin bemerkten kleinen Sternen Angaben vorkämen, welche auf den damaligen Stand des für einen Fixstern gehaltenen neuen Planeten Bezug haben möchten. Zuerst verfiel er auf den Stern 27 ♉ in Tycho's Verzeichnisse, von welchem schon Hevel 1650 bemerkt, daß er nicht mehr daselbst am Himmel befindlich sey. Aus der Geschwindigkeit des neuen Planeten ließ sich vermuthen, daß derselbe um 1589, da Tycho diese Gegend beobachtete, hier müsse gestanden haben [k]); daher dieser Tycho'sche Stern vielleicht der gegenwärtige neue Planet seyn könnte. Allein diese Muthmaßung hat sich nicht bestätigt.

Dagegen fand Herr Bode den 964sten Stern in Mayer's Zodiakalverzeichnisse [l]), welcher beym Wasserguß des Wassermanns östlich vom Sterne φ stehen sollte, seines sorgfältigen Suchens ungeachtet im August 1781 nicht am Himmel. Gerade in der dor-

k) Bode astronom. Jahrbuch für 1784 und 1786.

l) *Tob. Mayeri* opp. inedit. Vol. I. p. 72.

dortigen Gegend aber mußte der neue Planet um 1756 seinen Stand gehabt haben. Auch hat Mayer im Sternverzeichnisse angegeben, daß er die Stelle dieses Sterns nur nach einer einzigen Beobachtung bestimmt habe, und diese Beobachtung war, wie Lichtenberg in den Mayer'schen Manuscripten fand, am 25ten Sept. 1756 gemacht. Seine Vermuthung, daß der neue Stern wirklich der von Mayer beobachtete seyn möge, bestätigte er in seinem Jahrbuche von 1785; nachher gab er Tafeln für diesen neuen Planeten nach den Formeln des Herrn la Place, welche auf Herrn Mechain's Beobachtungen gegründet waren. Auch mit Berechnungen nach diesen Formeln stimmte Mayer's Angabe überein.

Eben dieses vermuthete auch Herr Bode seit dem Jahre 1784 von Flamstead's Stern im Stier, zwischen dem Siebengestirn und den Hyaden, von sechster Größe, den er ebenfalls am Himmel nicht finden konnte. Damals waren die Elemente der Bahn dieses neuen Planeten schon von mehreren Astronomen etwas bestimmter angegeben, und diese gaben ihm für das Ende des Jahrs 1690 eben diejenige Stelle, welche Flamstead dem angeführten Stern des Stiers zuschreibt. Da nun Flamstead's Beobachtung [m]) am 13ten Dec. alten und 23ten Dec. neuen Styls des Jahrs 1690 gemacht ist, so litt es keinen Zweifel, daß auch dieser vermeinte Fixstern kein anderer, als der neue Planet gewesen sey. Man verdankt also Herrn Bode die Entdeckung älterer Beobachtungen dieses Planeten, freylich nicht als Planeten, und dadurch Gründe zu sicherer und genauerer Kenntniß seiner Bahn und Bewegung.

Auch

m) Historia coelestis Britann. T. II. p. 86.

Auch die französischen Astronomen fanden Flamstead's Angabe mit den fortgesetzten neuern Beobachtungen übereinstimmend; und ihre gegen die Wahrnehmung des Mayer'schen Sterns geäußerten Zweifel zerstreueten sich völlig, nachdem Herr Lichtenberg die vollständigen Angaben aus den Mayer'schen Manuskripten dem Herrn de la Lande im Jahr 1789. bekannt gemacht hatte. Um eben diese Zeit fand man auch, daß le Monnier den neuen Planeten in den Jahren 1763. und 1769. gesehen, und ihn ebenfalls für einen Fixstern gehalten habe. Daraus ist also klar, daß dieser neue Planet zwar schon von Flamstead im Jahr 1690., von Mayer im Jahr 1756. und von le Monnier in den Jahren 1763. und 1769. gesehen, aber von Herschel im Jahr 1781. zuerst als Planet entdeckt worden ist.

Die ersten Untersuchungen über die muthmaßliche Bahn dieses Planeten stellten die Herren Bode, Lexell [n]), Hennert [o]) und Mechain [p]) an. Hieraus hat Herr de Lambre [q]) Elemente der Bahn dieses Planeten, jedoch ohne auf die Störungen desselben durch Jupiter und Saturn Rücksicht zu nehmen, berechnet, welche vom Herrn de la Lande nach Göttingen und von da aus nach Gotha an den Herrn von Zach übersendet wurden, nach dessen ausführlicher Berechnung sie für alle Oppositionen dieses Planeten von 1781. bis 1788. sehr gut zutreffen,

n) Recherche sur la nouvelle planète, découverte par M. *Herschel*. à St. Petersb. 1784. 4.

o) Bode astronom. Jahrbuch für 1786. S. 223.

p) Ebendas. S. 231. f.

q) Götting. gel. Anzeig. 1789. 199 Stück. imgl. Goth. gelehrte Zeit. 1789. Beylage zum 101sten Stück.

sen, und nicht über 27 Sekunden, für die von 1789. aber um 55½ Sekunde, abweichen, woraus Herr von Zach schließt, daß sie unter den bisherigen die genauesten sind, aber wegen der Störungen durch Jupiter und Saturn bald einer neuen Verbesserung bedürfen möchten. Tafeln von Herrn de Lambre für diesen Planeten finden sich in der neuesten Ausgabe von de la Lande's Astronomie. Besonders aber zeichnen sich die Tafeln von Herrn Wurm in Nürtingen aus [r]). Die heliocentrischen Tafeln sind von de Lambre (Herr de la Lande hat sie Herrn Wurm mitgetheilt); die geocentrischen aber hatte Herr Wurm schon vor dieser Mittheilung berechnet. Sie lassen sich auch bey andern Elementen der Bahn, als die Herr de la Lande angenommen hat, gebrauchen. Endlich hat auch Herr Klügel [s]) einige Betrachtungen über die Störungen dieses Planeten durch Jupiter und Saturn angestellt.

Vorschläge zu Benennungen und Bezeichnungen dieses Planeten sind sehr vielfältig gethan worden. Herr Bode schlug den Nahmen des Vaters vom Saturn und Atlas, Uranus, vor, welcher auch in Deutschland, Rußland, Dänemark und Italien von allen Astronomen angenommen ist; Herschel nannte ihn sidus Georgicum, was noch jetzt in England gebräuchlich ist, und die Franzosen haben ihn mit dem Nahmen Herschel belegt. Außerdem schlug der P. Hell noch den Nahmen Urania vor. Unter diesen Benen-

r) Geschichte des neuen Planeten Uranus sammt Tafeln für dessen heliocentrischen und geocentrischen Ort, herausgeg. und berechnet von Wurm. Gotha 1791. 8.

s) Bode astronom. Jahrbuch für 1803.

Benennungen werden seine Stellen in Herrn Bode's Jahrbuche, der Connoiss. de tems, und den Wiener Ephemeriden angegeben.

Nach dieser Zeit hat auch Herr Herschel durch sein 20füßiges Teleskop gefunden, daß der Planet Uranus von zwey Trabanten oder Monden begleitet werde, welche sich beynahe in kreisförmigen und auf der Ebene der Ekliptik fast lothrechten Bahnen bewegen. Er sahe diese Trabanten zuerst am 11ten Jan. 1787. Am 7ten Febr. verfolgte er den einen von 8 Uhr Abends bis 8 Uhr Morgens, sahe ihn 9 Stunden lang seinen Hauptplaneten getreu begleiten, und einen Theil seiner Bahn beschreiben. Schon am 15ten Febr. war es ihm möglich, hievon mit der Bestimmung der Umlaufszeiten der königlichen Societät zu London Nachricht zu ertheilen. Die Umlaufszeiten mit den scheinbaren größten Entfernungen vom Uranus sind nach ihm folgende:

	Umlaufszeit.					Entfernung.
für den innersten	8 Tag.	17 St.	1 Min.	19,3 Sek.	-	33″,09
für den äußern	13 -	11 -	5 -	15 -	-	44″,23

Uebrigens schätzt er diese Körper nicht viel kleiner als die Jupitersmonde.

Im Jahr 1801. entdeckte ferner Herr Piazzi zu Palermo einen neuen Planeten. Wollaston hatte nämlich in seinem Sternverzeichnisse einen Stern No. 87. beym Mayer angeführt, welcher aber nicht in dem Zodiakalverzeichnisse dieses Astronomen vorkommt. Piazzi war mit Nachsuchung dieses Sterns beschäftigt, und dabey fand er diesen Planeten, den er anfänglich für einen Kometen hielt. Herr Bode hatte indessen gefunden, daß Wollaston in seinem Verzeichnisse, statt de la Caille,

Caille, Mayer gesetzt hatte; denn in dem Zodiakal-Sternverzeichnisse des Herrn de la Caille steht wirklich der Stern unter No. 87. Demnach hatte ein Schreibfehler in Wollaston's Verzeichniß diese Entdeckung des Herrn Piazzi veranlaßt. Dieser Planet stand am 1ten Jan. 1801. nahe südwestl. bey No. 87. de la Caille.

Herr Piazzi fand diesen Planeten sehr klein, indem er einem Stern von 8ter Größe gleicht, ohne einen merklichen Nebel. Er machte diese seine Entdeckung sogleich in öffentlichen Blättern bekannt, und gab besonders dem Herrn Bode in Berlin noch nähere Anzeigen von diesem vermeinten Kometen. Dieser kam aber sogleich auf den Gedanken: dieser so langsam sich rück- und vorwärts bewegende kleine Stern ohne merklichen Nebel sey wohl kein Komet, sondern wahrscheinlich der schon seit 30 Jahren auch von ihm angekündigte, zwischen Mars und Jupiter befindliche, achte Hauptplanet. Endlich hatte Herr Oriani in Mayland dem Herrn von Zach gemeldet, daß selbst Herr Piazzi schon am 24ten Januar ihm berichtet habe, daß dieser Stern, da er beständig ohne einen merklichen Nebel erscheine und sich sehr langsam bewege, wohl ein Planet seyn könne. Auch Herr Oriani war der Meynung, der Stern sey der Planet zwischen Mars und Jupiter.

Durch die nachherigen sehr zahlreichen Beobachtungen mehrerer Astronomen ist endlich auch diese Vermuthung bestätigt worden, und dieser Planet hat den von Herrn Piazzi vorgeschlagenen Nahmen Ceres Ferdinandea erhalten [t]).

Daß

t) Bode astron. Jahrb. für 1804. S. 249. f.

Daß dieser Planet erst so spät bemerkt worden, ist nach dem Herrn von Zach deßwegen nicht zu verwundern, weil bey Beobachtung desselben nicht allein die Zartheit der Fäden im Fernrohre und die Schwierigkeiten ihrer Beobachtung Beschwerlichkeit gemacht, sondern weil die ganz eigene Beschaffenheit dieses Weltkörpers verursacht hätte, daß die gewöhnlichen starken Vergrößerungen an diesen Werkzeugen, welche bey lichtstarken Gestirnen mit so großem Vortheile zu gebrauchen sind, hier abermals einen nachtheiligen Einfluß gehabt hätten. Eben so erschien die Ceres auch den Herren Olbers, Schröter und Harding unter starken Vergrößerungen immer matter. Ein Aufsatz des Herrn Schröter giebt über diese Paradoxa eine sehr interessante Auskunft. Es ist daraus ersichtlich, daß dieser Planet nicht allein in einem starken kometenähnlichen Nebel eingehüllt, sondern daß dieser selbst einem merkwürdigen atmosphärischen Lichtwechsel unterworfen ist, so daß auf dessen Oberfläche überaus schnelle und sonderbare Lichtveränderungen vorgehen müssen. Als Herr Schröter εmp westlich aus dem Gesichtsfelde des 13füßigen Reflektors mit 136maliger Vergrößerung brachte, stand die Ceres in so vollkommen auffallender, runder, ruhiger und sanfter Planetengestalt vor ihm, daß nicht der geringste Zweifel übrig blieb. Ihr Bild war unter völliger $9\frac{1}{2}$zolliger Oeffnung in ihrem dießmal völlig weißen Lichte dem des Uranus ähnlich. Sie hatte einen beträchtlichen Durchmesser, den er ungemessen wenigstens so groß als den des Uranus schätzte, und ihr Licht blieb, indem die andern viel kleinern und hellern Sterne scintillirten, fortdauernd ruhig. Besondere Aufmerksamkeit schien Herrn Schröter der Umstand zu verdienen, daß die

Schei-

Scheibe dieses Planeten, sowohl mit 136= als 288maliger Vergrößerung, dem Uranus völlig ähnlich, ungemein deutlich begrenzt in's Gesicht fiel, daß sie aber einen schmalen Nebel um sich herum habe, durch welchen die Planetenkugel begrenzt durchblickte. In Rücksicht dieser Art Begrenzung glich der Planet gewisser Maaßen dem im dritten Bande der Schröter'schen Beyträge beschriebenen Kometen 1799., nur daß seine Scheibe viel heller und deutlicher durchblickte, und ihr atmosphärischer Nebel insgemein schmal war. Für den Durchmesser der eigentlichen Planetenscheibe fand sich 1″,514; für den ganzen Durchmesser aber mit Einschluß des atmosphärischen Nebels 2″,514, beträchtlich kleiner, als es Herr Schröter nach des Planeten Ansehen geschätzt hatte. Am 26ten Jan. Abends 10 Uhr 45′ war unser Dunstkreis viel heiterer, als Abends vorher. Der Planet schien jetzt im achromatischen Sucher des 13füßigen Reflektors gegen seinen benachbarten Stern 8ter Größe viel größer, und in weit matterem, hier röthlichem Lichte, als ein wahres und begrenztes Planetenscheibchen, welches Abends vorher nicht der Fall gewesen war. Im Teleskop hingegen hatte er sowohl unter 136= als 288maliger Vergrößerung wieder ein weißes, etwas in's Blaue fallendes, aber ein angenehmes, sanftes, mattes, und doch ziemlich helles Planetenlicht. Er hatte wieder eine nebel= und etwas kometenartige Begrenzung, aber höchst merkwürdig war es, daß, ungeachtet der viel günstigern Luft, dießmal während der ganzen Beobachtung dennoch seine begrenzte Scheibe nicht wieder so, wie Abends vorher, durch den Nebel vorblickte, sondern das Ganze einen kometenähnlich nebelartig begrenzten Planeten vorstellte [u]).

End=

u) Voigt's Magazin für den neuesten Zustand der Naturkunde. B. IV. S. 136.

Endlich im Jahr 1802. am 28ten März, als D. Olbers in Bremen die Ceres beobachtete, fand er an der Stelle, bey der er am 1ten Jan. zuerst die Ceres wahrgenommen hatte, einen Stern von 7ter Größe, von welchem er sich noch an demselben Abende fast überzeugte, daß er eine Bewegung gegen Westen und gegen Norden habe. Am folgenden Abende fand er ihn sehr merklich von seiner gestrigen Stelle verruckt. Allein er wagte es jezt noch nicht, ihn für einen neuen Planeten zu halten, ob er gleich mit einem Kometen im Fernrohre durchaus keine Aehnlichkeit hatte. Nachdem er aber diesen Stern in seiner Bewegung weiter verfolgt, und besonders D. Gauß die Mühe auf sich genommen hatte, aus den Beobachtungen seine Bahn einer Berechnung zu unterwerfen, so zweifelte er gar nicht mehr, daß dieser Stern ein wirklicher neuer Planet sey, den er gleich anfänglich mit dem Nahmen Pallas zu bezeichnen vorschlug.

Mehrere Beobachtungen endlich, welche an andern Oertern in Deutschland und in Frankreich angestellt worden sind, haben bewiesen, daß dieser von Olbers zuerst entdeckte Stern ein wirklicher Planet sey.

Indessen hat D. Herschel der königl. Societät zu London am 6ten und 13ten May 1802. eine Abhandlung über die Ceres und Pallas vorgelesen, in welcher er anführt, daß nach seinen Messungen jene nicht mehr als 162 und diese nur 70 englische Meilen im Durchmesser haben könne. Ueberhaupt behauptet er, daß wir solche weder in die Klasse der Kometen noch in die der Planeten setzen könnten; denn sie seyen nicht allein beyde außerhalb dem Thierkreise, sondern Merkur,

kur, der kleinste unter unsern Planeten, sey mehr als 100000mal größer als Pallas. Er will ihnen daher lieber den Nahmen Asteroiden geben.

Allein ein auswärtiger Gelehrter macht über diese neuen Meynungen des Herrn Herschel folgende nicht ungegründete Anmerkungen: bey den Angaben der wahren Durchmesser der Ceres und Pallas mit dem angenommenen wahren Abstande und den gemessenen scheinbaren Durchmessern ist es etwas unerklärbares, und nicht zu begreifen, wie Herr Herschel darauf verfallen ist, sie zu so gar kleinen Taschen-Planeten zu machen.

Von den Störungen des neuen Planeten Ceres durch die Wirkungen des Jupiter hat der Kollegienrath und Ritter Schubert in Petersburg gehandelt.

Ueber die Störungen der Planeten gegen einander und der Jupiterstrabanten hat vorzüglich Herr la Place tiefe Untersuchungen angestellt, und dadurch Newton's Theorie ungemein berichtigt. Nach den Formeln des Herrn la Place hat Bouvard die wechselseitigen Störungen aller Planeten berechnet, und überhaupt haben die Tafeln der Planeten durch die Herren la Lande und von Zach eine sehr große Genauigkeit erhalten.

Auch haben schon Beobachtungen gezeigt, daß der noch nicht sehr lange entdeckte Planet Uranus Störungen leidet, welche von der Wirkung des Jupiter und Saturn herrühren, und über welche Herr Klügel Untersuchungen angestellt hat.

Endlich hat Herr la Place die Ungleichheiten, welche in dem Laufe der Jupitersmonden durch ihre gegenseitigen Wirkungen auf einander entstehen, auf

eine

eine allgemeine Theorie gebracht, nach welcher de Lambre sehr genaue Tafeln der Jupitersmonden berechnet hat.

Kometen.

Die königl. Preuss. Akad. der Wissensch. gab für das Jahr 1774: Verbesserung und bequemere Einrichtung der Berechnung der Kometenbahnen, als eine Preisfrage auf, wovon der Preis 1778. dem Herrn Tempelhof zuerkannt worden ist. In England hat Sir Henry Englefield x) zwey der besten Rechnungsmethoden mit Tafeln und Beyspielen zum Unterricht seiner Landsleute bekannt gemacht.

Die bis 1774. bekannt gewordenen Elemente der Kometenbahnen von 63 Kometen hat Herr Bode y) mitgetheilt, und zugleich nach Prosperin's Berechnung beygefügt, wie nahe ein jeder der Erde höchstens kommen könne. Bis zu dem Jahr 1785. hatte sich die Anzahl der Kometen bis auf 72 vermehrt, und Herr Bode z) stellte über die Lage und Vertheilung derselben Betrachtungen an, deren deutscher Uebersetzung eine große Charte beygefügt ist, auf welcher diese 72 Bahnen mit allen bestimmenden Umständen in den gehörigen Verhältnissen gezeichnet sind. Nach Lichtenberg zählte man bis zum August 1794. schon 80 berechnete Kometen. Miß Caroline Herschel ent-

x) On the determination of the Orbits of Comets according to the methods of Father Boscowich and Mr. de la Place, with new and complete tables and exemples. Lond. 1793. 4.

y) Erläuterung der Sternkunde. Th. II. §. 605.

z) Mémoir. de Berlin 1786. 1787. Allgemeine Untersuchungen über die Lage und Austheilung aller bisher berechneten Planeten- und Kometenbahnen. Berlin 1791. 8.

entdeckte am 15ten Dec. 1791. einen in der Eidexe, welcher von dem Herrn von Zach [a]) berechnet worden ist. In den neuesten Zeiten sind noch mehrere Kometen entdeckt und berechnet worden. Besonders merkwürdige Beobachtungen über den im Aug. 1799. erschienenen Kometen hat Herr Schröter in Lilienthal angestellt, aus welchen sich folgende Resultate ergaben:

1. Daß dieser Komet einen wahren soliden planetenartigen Kern besitzt.

2. Daß er eine sehr starke eigenthümliche Kernatmosphäre hat, die aber mit dem sphärischen Lichtnebel überall nicht wesentlich, sondern nur zufällig, und zwar nur zunächst unmittelbar um den Kern in Verbindung stand. Diese eigenthümliche Atmosphäre wurde nach der Sonnennähe ungemein mit Dünsten geschwängert, heiterte sich zum Theil wieder auf, wurde von neuem geschwängerter, und bedeckte einen beträchtlichen Theil des Kerns, so daß bloß durch sie der Kern größer und kleiner gerade in einem solchen zufälligen Lichtwechsel erschien, wie es bey den Jupiterstrabanten der Fall ist, wenn sie mit atmosphärischen Flecken bedeckt ungemein klein und vor der Scheibe als dunkele Flecke erscheinen.

3. Dieser sphärische Lichtnebel ist nach Herrn Schröter's Beobachtungen

a. eine Sphäre von äußerst feiner Materie, welche vom Kerne ab, wo sie sich nur zufällig mit dessen Atmosphäre vermischt, bis zu ihrer bloß scheinbaren äußersten Bewegung hin progressive immer dünner, feiner und lichtmatter abfällt, und dabey durchaus eben

a) Bode astronom. Jahrbuch für 1796. S. 147.

eben so durchsichtig, als das Thierkreislicht, auch gleich diesem überall keiner merklichen Strahlenbrechung unterworfen ist.

b. Herr Schröter hält sich aus Gründen, die gar nicht weiter bestritten werden können, überzeugt, daß der Kern, Lichtnebel und Schweif dieser Kometen, so gewiß wie bey den übrigen Weltkörpern dieser Art, gleich den fixen Kernnebeln des Himmels ein wirkliches eigenthümliches Licht haben. Unmöglich könne aber eine so äußerst feine Glanzmaterie ein von einem verhältnißmäßig so kleinen Körperchen aufgelößter atmosphärischer Dunst seyn; eine Meynung, welche Herr de Lüc behauptet, wie nachher angeführt werden soll.

4. Weiter waren der Lichtnebel und Schweif dieses Kometen merkwürdigen zufälligen Veränderungen und Modifikationen, sowohl in Ansehung ihrer innern Consistenz als ihrer Ausdehnung, unterworfen.

5. Besonders merkwürdig war die Erfahrung, daß Herr Schröter die senkrechte Ausdehnung des sphärischen Lichtnebels dieses Kometen, von der Oberfläche des Kerns ab, immerfort mit dem 27füßigen Reflektor um ein Beträchtliches größer und zum Theil mehr als noch einmal so groß, als mit dem 13füßigen fand.

6. Nun fragt Herr Schröter, durch welche Naturkraft wird denn das Fluidum der Kometensphäre oder der allgemeinen ätherischen Verbindungsmaterie fortdauernd zu Licht modificirt? Dieß sey die wichtige Frage, bey deren Beantwortung wir noch immer vor dem Vorhange der Natur ständen. Unverkennbar schien es ihm aber fast zu seyn, daß die fortdau-

erndé

ernde Ausbildung der Lichtsphären und Schweife der Kometen durch anziehende und repulsive Kraft zugleich bewirkt werden dürfte, und so möchte das wohl ein Naturprozeß seyn, welcher demjenigen ähnlich wäre, den wir Elektricität nennten. Sehr wahrscheinlich hält er daher den sphärischen Glanznebel und den Schweif der Kometen für ein fortdauerndes Meteor im weitern Verstande, das in einer anhaltenden, mancherley zufälligem Wechsel unterworfenen Modifikation des Lichtstoffs der ätherischen Verbindungsmaterie zu Licht bestehe, welche Meynung bereits auch Herr D. Olbers gehabt habe.

Ueber die Natur dieser Wundersterne ist man bis jetzt noch nicht auf's Reine. Ihre Gestalten und Veränderungen sind so mannichfaltig befunden worden, daß man mit Sicherheit von ihrer Beschaffenheit nichts hat schließen können. So konnte Herr Herschel [b]) in dem 1788. beobachteten durch die stärksten Vergrößerungen keinen Kern entdecken, ob er ihn gleich hätte wahrnehmen müssen, wenn er auch nur 1″ im Durchmesser gehabt hätte. Daher haben Verschiedene vermuthet, daß die Kometen aus Materie bestehen, welche durch Einwirkung der Sonne in Dünste aufgelößt wird, die in dem viele Millionen Meilen langen Schweife fortgetrieben werden. Schon längst hatte Herr Lichtenberg [c]) vermuthet, daß die Kometen entweder nur Nebel sind, welche uns um die Mitte dichter erscheinen müssen, oder doch zuletzt zu solchen Nebeln werden.

Herr

b) Philos. Transact. Vol. LXXIX. P. II.

c) Erxleben Anfangsgr. der Naturlehre. Anmerk. §. 644-646.

Herrn Bode scheint folgende Hypothese über die Natur der Kometen und der Entstehung der Schweife am wahrscheinlichsten: die Sonne ist kein wirkliches Feuer, sondern ein in der Lichtmaterie vom Schöpfer eingehüllter planetarischer Körper, der allen Planeten und Kometen bis zu den entlegensten Grenzen seines Gebiets nach dem Verhältnisse vom Quadrate ihrer Abstände Licht ertheilt; hingegen bloß vermittelst der ihren verschiedenen Entfernungen von demselben angemessenen specifischen Bestandtheilen und Atmosphären auf ihren Oberflächen bedürfnißmäßige Wärme hervorbringt. Die Wirkungen der Sonne müssen auf jeden Planeten fast gleichförmig seyn, hingegen auf den Kometen sehr große Abänderungen leiden, weil diese in sehr gedehnten Bahnen aus einer ungemessenen Ferne zuweilen tief zur Sonne herabkommen. Bey dieser schnellen Annäherung reissen sich überall von denselben gewisse Theile los, die in den entlegenen Gegenden ihrer Bahnen einen unentbehrlichen Nutzen schafften, auch vielleicht zur Hervorbringung der benöthigten Wärme erfordert würden, und nun bey einem ungemein stärkern Einflusse der Sonne überflüssig sind, woraus der sich um den Kometen zeigende Nebel entsteht. Diese Theile werden daher überhaupt ihrer Natur nach der nahen Sonne fliehen, sich größtentheils derselben gegenüber ansammlen, und hinter dem Kometen bis zu sehr ansehnlichen Weiten der Länge nach hinziehen und den Schweif formiren, welcher daher dem Kometen folgt, wenn er zur Sonne eilt, hingegen demselben vorhergeht, wenn er von der Sonne zurückkommt.

Herr de Lüc[d]) macht sich von der Natur der Kometen folgende Vorstellung. Er geht von dem Satze

d) Bode astronomisches Jahrbuch für 1803. S. 92. f.

Satze aus, daß das Licht, welches bey dem Leuchten der Körper aus ihnen frey wird, einen Bestandtheil derselben ausmache, und daß dieß durch eine Zersetzung geschehe.

Wenn nun die auf dem Kometen entstandenen lichthaltigen Dämpfe sich vor ihrer Zersetzung beträchtlich von demselben entfernen, und wenn sie nicht wie die der Sonne eine bestimmte Grenze ihrer Expansion haben, so muß der Körper, wenn ihre Zersetzung erfolgt und sie nun leuchtend werden, das Ansehen eines leuchtenden unregelmäßig begrenzten Nebels haben, ohne daß man einen Kern oder eine Scheibe unterscheiden kann; denn nicht der Körper eines Kometen ist leuchtend, sondern seine Atmosphäre. In den wenigen Fällen also, wo Kometen ihre bestimmte Scheibengestalt besitzen, muß dieß, wie bey der Sonne, von der Regelmäßigkeit einer leuchtenden Atmosphäre herrühren.

Wenn die Kometen in diesen Zustand gerathen, während sie sich ihrem Perihelio nähern, so kann ihr Licht schwach anfangen, hierauf an Intensität wachsen, und dann allmählig wieder schwächer werden.

Wenn Körper lichthaltige Dämpfe hervorbringen sollen, so müssen vorher in ihrer Substanz chemische Operationen vorgehen, und diese Operationen können von Umständen abhangen, die von den Stellungen des Körpers in seiner Bahn unabhängig sind. Es sey demnach gar nicht unmöglich, daß derselbe Körper, sehr verschieden zu dieser Operation vorbereitet, sein Perihelium erreicht, ja er könne dazu unvorbereitet gelangen. Sollte dieß nicht, fragt de Lüc, der Grund seyn, warum man so wenige Kometen zur Sonne zurückkehren sieht, oder wieder erkennt? Denn

nach dem Gesagten könnten sie bey irgend einer Zurückkunft wohl unsichtbar seyn, oder doch ein ganz anderes Ansehen haben.

Was den Schweif des Kometen betrifft, so bemerkt de Lüc, daß sich ein Fluidum in der Atmosphäre eines Kometen bilde, da, wo sie von der Sonne abgewendet ist; die Atmosphäre binde dieses Fluidum nicht, und lasse es frey in den Raum ausstrahlen, so lange die Erzeugung daure. Dieses Fluidum ist nach de Lüc ein phosphorescirendes, und erzeugt sich durch Zersetzung in den Kometen.

Alle bisher angeführte Hypothesen über den Schweif der Kometen nehmen an, daß die Schweife Theile wären, welche zu den Kometen selbst gehörten. Herrn Rüdiger e) zu Wettin schien aber dieß ganz unbegreiflich; er sucht vielmehr die Entstehung der Schweife aus einem bloßen Phänomen unserer Erdatmosphäre zu erklären. Auf diesen Gedanken ward er durch folgenden Versuch geleitet: Er hieng in der Mitte einer gläsernen mit Wasser gefüllten Kugel einen undurchsichtigen rund geformten Körper auf; nachher befestigte er an einem aufgehangenen Faßreifen eine Anzahl brennender Lichter, so daß ihre Flammen einen Kreis bildeten und gleichsam die Sonne vorstellten, welche freylich an Größe den Körper des Kometen bey weitem übertrifft. Hieng er nun die gläserne Kugel mit dem undurchsichtigen runden Körper nahe vor dem leuchtenden Kreise auf, so zeigte sich an der benachbarten weißen Wand, vermittelst der Brechung der Lichtstrahlen, ein hell erleuchteter Streifen in Form eines Kometenschweifs.

Hier=

e) Gilbert's Annalen der Physik. B. II. S. 99.

Hierdurch, glaubte er, ließen sich viele sonst sonderbare und unbegreifliche Erscheinungen der Kometen enträthseln. Wir dürften nicht mehr bey Berechnung der Größe ihrer Schweife, und bey der Bemerkung, daß man auch die kleinsten Sterne durch sie sehen könne, in Schwindel gerathen. Es würde uns hiebey einleuchtend seyn müssen, warum sich die Kometen so oft gänzlich ohne Schweif darstellen, wie dieß immer der Fall seyn müsse, wenn wir sie in einer beträchtlichen Entfernung von der Sonne erblickten. Der Schweif des Kometen müßte sich nach dieser Vorstellung jedesmal nothwendig in der Richtung zeigen, daß er sich von der Sonne hinwegkehrte, und es wäre hiebey sehr leicht erklärbar, warum die Schweife der Kometen, bey ihrer Annäherung an die Sonne, sich sehr vergrößern müßten, indem offenbar durch die große Erhitzung ihrer Körper auch ihre Atmosphäre überaus zunehmen müßte. In dieser Rücksicht wäre es kein Wunder, wenn der Komet bey großer Annäherung an die Sonne sich in seinem Ansehen gänzlich veränderte, und, durch die ihn umgebenden Nebel verhüllt und verschleiert, sich so zeigte, als wenn er gänzlich verunstaltet wäre. Es wäre ferner einzusehen, warum die Schweife der Kometen in der gewölbten Atmosphäre zuweilen gekrümmt erscheinen müßten. Immer müßte sich der Schweif, nach Verhältniß der Stellung der Kometen gegen die Erde, in seiner Gestalt nach einer förmlichen Regelmäßigkeit, wie es die Bewegung der Erde in ihrer Lage und in der Umwälzung um ihre Axe mit sich bringe, umwandeln. Es ließe sich sogar, bey Voraussetzung möglicher Fälle, auch wohl die Ursache davon auffinden, wie der Fall eintreten könne, daß sich ein solcher Schein durch verschiedene Brechungen auf

beyden Seiten der Atmosphäre des Kometen in unserer Erdatmosphäre, die zugleich als ein Transparent und von der Gegenseite her als ein Spiegel wirkt, vervielfältigt darstellen müßte.

Hiebey sey aber noch die Frage zu beantworten, warum nicht auch die Planeten, und vorzüglich der Mond, gleich den Kometen Schweife bey sich führen? Herr Rüdiger antwortet darauf: was die obern Planeten, Mars, Jupiter, Saturn und Uranus betrifft, so kämen diese gar nicht zwischen unsere Erde und die Sonne, und wären also schlechterdings von allem Verdachte frey, uns je ein so drohendes Schauspiel zeigen zu können. Nach allen bisherigen Untersuchungen der Astronomen habe der Mond keine solche Atmosphäre, wie wir sie den Kometen zuschreiben müßten. Noch werde er hinzusetzen dürfen, auch Merkur und Venus müßten entweder einen solchen Dunstkreis nicht haben, oder der Schein derselben könne wenigstens unsere Erdatmosphäre nicht erreichen.

Von der Atmosphäre der Erde ließe es sich dagegen erwarten, daß sie durch Brechung des Sonnenlichts in ihrer entgegengesetzten Hälfte einen Schein bewirken müßte, der dem Schweife der Kometen nicht unähnlich seyn könnte. Und so verhielte es sich auch in der That! Schon seit 1683. habe man das Zodiakallicht beobachtet. Man sehe in der Zeit, wenn die Dämmerung am kürzesten wäre, im Frühjahr und Herbst, des Morgens vor Sonnenaufgang westlich, und des Abends nach Sonnenuntergang östlich einen halben Schein in Gestalt eines zugespitzten Streifen, bey welchem wir das Andenken an den Kometenschweif wohl nicht übersehen könnten. Herr von Mairan setze die Abwandelungen dieser Erscheinung sehr sinnreich

reich und treffend aus einander. Er nehme dabey die schwärmerische Hypothese von einer so ungeheuern Atmosphäre der Sonne an, daß sich die Erde selbst abwechselnd in dieselbe eintauchen müsse. Wir könnten ihm aber glücklicher Weise diese Voraussetzung allein überlassen, und kämen dennoch mit ihm, nur weit leichter und ungekünstelter, zu gleichem Ziele, wenn wir an deren Stelle die Brechung des Sonnenlichts in unserm Dunstkreise dafür annähmen.

Selbst die Erscheinungen des Nordlichts, des Südlichts, der Nebensonnen und Nebenmonde hätten wenigstens wohl dieß mit einander gemein, daß man sie nicht bloß aus der Stellung und der Zusammenkunft einzelner Wolken, wie etwa den Regenbogen und Bliz, hinlänglich und allein erklären könne. Es sey nicht zu läugnen, daß diese Phänomene, welche nach Verhältniß der Zeitperioden und der Lage der Länder und Oerter oft oder selten vorzukommen scheinen, keinesweges mit der Witterung in Verbindung ständen. Man sehe sie sehr oft zu gleicher Zeit auf einem zu großen Theile der Erdfläche, als daß sie allein von den Wolken abhängig seyn könnten. Unstreitig möchte die Stellung unserer Erde gegen die Sonne, die Brechung des Lichts in der Atmosphäre, und die Zurückstrahlung desselben von dem Spiegel des Meers dazu mitwirken. Es ließe sich hiebey fragen, ob die Erscheinungen der Wolken dabey, und die Veränderungen in Rücksicht der Elektricität und des Magnetismus, die man beobachtet haben wolle, mitwirkende Ursachen, oder nur solche Erscheinungen seyn möchten, die mit den Phänomenen von gleichmäßigen Ursachen abzuleiten wären? Es sey ein eigenes Zusammentreffen so ganz verschiedener Erscheinungen,

gen, wenn wir demnach mit ihnen auch hier Analogien der Kometenschweife auffänden.

Was nun noch die Frage betrifft, ob nicht die Kometen bey einer großen Annäherung an die Erde verwüstende Wirkungen auf derselben anrichten könnten? so hatte de la Lande [f]) in einer eigenen Abhandlung dem menschlichen Geschlecht manche Besorgnisse verursacht, welche aber Herr Euler [g]) durch genaue Berechnungen zu entfernen gesucht hat, und Herr la Place beantwortet diese Frage auf folgende Art. Die Kometen gehen so schnell vor uns vorbey, daß die Wirkungen ihrer Anziehung gar nicht zu bezweifeln sind, aber nur durch einen der Erde beygebrachten Stoß können sie traurige Folgen auf derselben verursachen. Allein ein solcher Stoß, ob er gleich möglich ist, ist doch im Verlauf eines Jahrhunderts wenig wahrscheinlich. Es wäre ein so außerordentlicher Zufall erforderlich, um ein Zusammenstoßen zweyer, in Ansehung der Unermeßlichkeit des Raums, worin sie sich bewegen, so kleiner Körper zu veranlassen, daß man in dieser Hinsicht keine Furcht für vernünftig halten kann. Indessen kann man sich doch eine geringe Wahrscheinlichkeit eines solchen Stoßes auf die Erde vorstellen. Veränderung der Axe und der Umdrehungsbewegung der Erde, Austreten der Meere aus ihren vorigen Betten, um sich gegen den neuen Aequator hinzustürzen, Ersäufung eines großen Theils der Menschen und Thiere in dieser allgemeinen Ueberschwemmung oder Zerstörung derselben durch die der Erdkugel beygebrachte gewaltsame Erschütterung, Vernichtung

f) Reflexions sur les comètes. à Paris 1773. 4.

g) De periculo a nimia appropinquatione cometae metuendo: in Nov. comment. Petrop. Tom. XIX. n. 1.

tung ganzer Gattungen, Zertrümmerung alter Denkmähler des menschlichen Kunstfleißes, dieß ist die Reihe der Unglücksfälle, die der Stoß eines Kometen verursachen müßte.

Man sieht alsdann, warum das Weltmeer die hohen Berge wieder bedeckt, auf welchen es unwiderlegbare Merkmale seiner Anwesenheit zurückgelassen hat; man sieht, warum die Thiere und Pflanzen der mittäglichen Gegenden in den nördlichen Klimaten vorhanden seyn konnten, wo man noch ihren Nachlaß und ihre Abdrücke antrifft; endlich kann man daraus die Neuheit der moralischen Welt erklären, deren Denkmähler nicht leicht über dreytausend Jahre hinaufsteigen. Das Menschengeschlecht, auf eine sehr kleine Anzahl von Individuen heruntergebracht und in den kläglichsten Zustand versetzt, war sehr lange Zeit einzig mit der Sorge für seine Erhaltung beschäftigt, und mußte das Andenken an Wissenschaften und Künste gänzlich verlieren, und wenn die Fortschritte der Verfeinerung das Bedürfniß derselben aufs neue fühlbar machten, so mußte es in allem wieder von vorn anfangen, als ob die Menschen ganz neuerlich auf die Erde wären versetzt worden.

Wie es sich nun auch mit dieser von einigen Philosophen angegebenen Ursache dieser Erscheinungen verhalten mag, so kann man sich doch während der kurzen Lebenszeit einer so furchtbaren Begebenheit wegen vollkommen beruhigen. Im Falle der größten Möglichkeit solcher Ereignisse müßte nämlich der eine oder der andere Knoten der Kometenbahn genau in der Erdbahn liegen, und der Komet gerade in dem Augenblicke, da die Erde in diesem Punkte ankommt, durch denselben gehen. Beyde Bedingungen mögen aber

aber wohl in den nächsten hunderttausend Jahren nicht zusammentreffen. Fürs erste ist noch kein Komet bekannt, dessen Knoten in der Erdbahn läge, und obgleich unter den bekannten Kometen der von 1680 der Erde am gefährlichsten ist, weil er derselben unter allen am nächsten kömmt, so bleibt er doch in seiner größten Nähe noch $\frac{5}{1000}$ von dem Abstand der Sonne von der Erde, = 100000 Meilen, oder noch einmal so weit als der Mond, von uns, wobey er allenfalls, wenn er viel größer als der Mond ist, durch die Wirkung der Gravitation eine stärkere Ebbe und Fluth zuwege bringen, auch die Ebene etwas an sich ziehen könnte, welche Wirkung aber nicht lange dauern würde, weil Erde und Komet, bey ihrer schnellen Bewegung, in wenigen Stunden schon viele tausend Meilen sich von einander entfernen. Dann braucht auch dieser große Komet 575 Jahre zu seinem Umlaufe; und die Erde kann bey seiner späten Wiederkunft jedesmal in andern Punkten ihrer Bahn seyn, wo die Gefahr nicht statt findet; setzt man diese Punkte nur um einen Tag von einander, so ist erst nach 365 Umläufen des Kometen, oder nach mehr als 200000 Jahren, wieder die Wahrscheinlichkeit da, daß die Erde mit diesem Kometen am nächsten zusammenkommen werde. Die andern uns bekannten Kometen sind nicht so groß, oder kommen unserer Erde nie so nahe, als der von 1680. Die vermeinten Gefahren sind also nur leere Eindrücke der Furcht, für die der Mensch so empfänglich ist.

Fixsterne.

Ueber das Fortrücken der Nachtgleichen, und das von Bradley entdeckte Wanken der Erdachse hat zwar d'Alembert nach der Newton'schen Theorie die

die besten Aufschlüsse gegeben; allein dieser, und alle Geometer nach ihm, welche sich mit diesem Gegenstande beschäftigten, haben vorausgesetzt, daß unsere Erde ein fester Körper sey. Da aber dieser Planet größtentheils mit Wasser bedeckt ist, so entsteht die Frage, ob nicht die Wirkung des Wassers die Erscheinungen der Präcession und Nutation ändern müsse? Herr la Place hat diese Frage zuerst erörtert. Er hat gefunden, daß die Flüssigkeit der Gewässer kein zureichender Grund ist, ihren Einfluß auf das Vorrücken der Nachtgleichen außer Acht zu lassen. Denn wenn sie auf der einen Seite der Wirkung der Sonne und des Mondes folgen, so führt auf der andern Seite die Schwere sie ununterbrochen zu dem Zustande des Gleichgewichts zurück, und erlaubt ihnen nicht mehr, als ganz kleine Schwingungen zu machen. Es ist also möglich, daß sie, durch ihre Anziehung und ihren Druck auf das von ihnen bedeckte Sphäroid, der Erdaxe, wenigstens zum Theil, die Bewegungen beybringen, die sie von ihnen erhalten würde, wenn sie sich verdichten sollten. Man kann sich überdieß durch eine sehr einfache Schlußreihe überzeugen, daß ihre Gegenwirkung von der nämlichen Ordnung ist, wie die direkte Wirkung der Sonne und des Mondes auf den festen Theil der Erde.

Man stelle sich also die Erde als gleichartig und von einerley Dichtigkeit mit dem Meere vor, und setze, das Wasser nehme in jedem Augenblicke die dem Gleichgewichte der Kräfte, wovon es getrieben wird, angemessene Gestalt an. Wenn bey diesen Voraussetzungen die Erde plötzlich ganz flüssig würde, so würde sie die nämliche Figur behalten, und alle ihre Theile würden einander das Gleichge-

wicht

wicht halten; die Umdrehungsaxe würde also kein Bestreben, sich zu bewegen, haben, und es ist klar, daß dieß auch in dem Falle noch bestehen müsse, wo ein Theil dieser Masse bey seiner Verdichtung das vom Meere bedeckte Sphäroid bilden würde. Die vorhergehenden Hypothesen, bemerkt la Place, dienten den Newton'schen Theorien von der Gestalt der Erde und der Ebbe und Fluth des Meers zur Grundlage. Es sey sehr merkwürdig, daß dieser große Geometer unter der unendlichen Menge derer, die man über diese Gegenstände aufstellen könne, gerade zwey solche gewählt habe, welche weder Präcession noch Nutation geben, da alsdann die Gegenwirkung des Wassers die Wirkung des Einflusses der Sonne und des Mondes auf den Kern der Erde aufhebe, wie auch immer seine Figur beschaffen seyn möge. Es sey wahr, daß diese beyden Hypothesen, und besonders die letztere, der Natur nicht gemäß seyen; aber man sehe a priori, daß die Folge von der Gegenwirkung des Wassers, obschon von derjenigen verschieden, welche bey Newton's Voraussetzungen statt habe, doch von der nämlichen Ordnung sey.

La Place hat durch seine Untersuchungen über die Erscheinungen der Ebbe und Fluth den merkwürdigen Satz gefunden, daß, wie auch das Gesetz der Tiefe des Meeres beschaffen und das von demselben bedeckte Sphäroid seyn mag, die Erscheinung des Zurückgehens der Nachtgleichen und des Wankens der Erdachse doch die nämlichen sind, als wenn das Meer eine feste Masse mit diesem Sphäroide ausmachte.

Wenn die Sonne und der Mond allein auf die Erde wirkten, so würde die mittlere Neigung der Ekliptik gegen den Aequator beständig seyn; da aber

die

die Wirkung der Planeten die Lage der Erdbahn beständig verändert, so muß daraus in der Schiefe gegen den Aequator eine Abnahme entstehen, welche durch alle Beobachtungen bestätigt wird. Die nämliche Ursache giebt den Nachtgleichen eine jährliche rechtläufige Bewegung von 0″,1849; folglich wird die durch die Wirkung der Sonne und des Mondes verursachte jährliche Präcession durch die Wirkung der Planeten um diese Größe vermindert, und ohne diese Wirkung würde sie 50″.42 betragen. Diese Wirkungen des Einflusses der Planeten sind von der Abplattung des Erdsphäroids unabhängig; aber die Wirkung der Sonne und des Monds auf dieses Sphäroid muß sie selbst und ihre Gesetze abändern.

Daß die Fixsterne eine eigene sehr langsame Bewegung zeigen, hatten bereits verschiedene Astronomen aus der Vergleichung mit ältern astronomischen Beobachtungen geschlossen. Um nun hierin noch mehrere Gewißheit zu erhalten, hat man durch Hülfe der Mikrometer die gegenseitigen Lagen von denjenigen Sternen, welche so nahe bey einander erscheinen, daß man sie in einem Fernrohr zugleich oder bald nach einander sieht, verglichen, und Aenderungen derselben gefunden, so daß man daraus auf eigene Bewegungen der Fixsterne schließen konnte. Der kurpfälzische Astronom, Herr Christ. Mayer, nebst seinem Gehülfen, Herr Johann Mezger, haben hierin besonders viel geleistet, und kleinere, oft nur sehr vorzüglichen Fernröhren kenntliche Fixsterne in veränderlichen Lagen wahrgenommen. Mayer aber ließ sich verleiten, diese kleinen Sternchen als Begleiter oder Trabanten der größern Fixsterne, ja sie sogar als Planeten derselben, oder als dunkle Körper, welche ihr Licht von

den

den Fixsternen erhalten, zu betrachten. Allein dieser Behauptung wurde von den Astronomen widersprochen, wogegen sich Mayer [h]) zu vertheidigen suchte. Endlich wurde Mayer's Vorgeben, daß die kleinern Fixsterne als Planeten von den größern zu betrachten wären, von Herrn Fuß in Petersburg sehr gründlich widerlegt [i]).

Herr Herschel [k]) hat zu dieser Absicht auch die Beobachtung der sogenannten Doppelsterne empfohlen, wovon einige so nahe an einander stehen, daß sie nur durch starke Vergrößerungen unterschieden werden können. Würde man dergleichen Sterne in Ansehung ihrer Entfernung von einander, oder auch in Ansehung ihrer Vergrößerung, welche sie unterscheidet, ganz verändert wahrnehmen, so wäre dieß ein Zeichen ihrer relativen Bewegung gegen einander.

Indessen suchte Herr la Lande [l]) zu beweisen, daß in unserm Sonnensysteme eine Ortsveränderung statt finde. Dieß veranlaßte die Herren Herschel [m]) und Prevost [n]), die eigenen Bewegungen der Fixsterne als eine, wenigstens zum Theil, scheinbare Bewegung zu betrachten. Nach ihrer Meynung glaubten

h) Vertheidigung neuer Beobachtungen von Fixsterntrabanten. Mannheim 1778. 8. ej. de novis in coelo sidereo phaenomenis, in miris stellarum fixarum comitibus. in Comment. Theodor. Palat. Vol. IV. phys. 1780. p. 259.

i) Betrachtungen über die Fixsterntrabanten. a. d. Franz. in Bodens astronom. Jahrb. für 1785.

k) Philos. Transact. Vol. LXXII. art. 11. 14.

l) Mémoires de Paris. 1771. 8.

m) Philos. Transact. Vol. LXXIII.

n) Mémoires de Berlin. 1783.

ten sie in den bisher deßwegen angestellten Beobachtungen gefunden zu haben, daß die Fixsterne nach einer Gegend des Himmels mehr auseinander, nach der entgegengesetzten aber mehr zusammenrückten. Dieser Behauptung zufolge schien sich also sowohl unsere Sonne, als auch alle zum Sonnensystem gehörige Planeten und Kometen, nach einer Gegend des Himmels fortzubewegen, und von der entgegengesetzten zu entfernen. Nach Herrn Herschel richtet sich diese Bewegung auf den Stern λ im Herkules, nach Herrn Prevost aber auf die nördliche Krone.

Herr de la Lande [o]) bemerkt aber, daß nach dieser Hypothese für die gerade Aufsteigung des Sterns ϑ des großen Bären fast gar keine Veränderung statt finden würde, und er sich in der Declination dem Aequator nähern müßte. Das letztere stimme mit den Beobachtungen überein, aber die Bewegung in der geraden Aufsteigung, die noch beträchtlicher sey, könne durch diese Hypothese nicht erklärt werden. Ueberdem hat auch la Lande Bewegungen von andern Sternen angeführt, bey welchen dasselbe statt findet; daraus schließt er, man müsse diese Bewegungen der eigenen Ortsveränderung eines jeden Sterns zuschreiben.

Allein seitdem haben wiederum die Herren Prevost und Maurice einige Untersuchungen über diesen sehr delikaten Gegenstand angestellt [p]); der größte Theil ihrer verglichenen Beobachtungen war 41 Jahre von einander entfernt. Besonders auffallend war es ihnen, daß die Bewegungen der größern Fixsterne über-

o) Connoiss. des tems, an VI. p. 203.

p) Bode astronom. Jahrb. für 1805.

übereinstimmen. Zur Erklärung derselben nehmen sie daher die Hypothese an, daß unser Sonnensystem einer eigenen Bewegung unterworfen ist. Es sey also wahrscheinlich, daß sich die Parallaxe, welche durch die Bewegung des Sonnensystems entsteht, nur hauptsächlich an den größern Sternen äußern müsse, die wir Ursache haben, für die nähern zu halten. Daher zeigten auch Arktur, Sirius, Procyon, Pollux, Altair und Castor diese Parallaxe vorzüglich.

Wenn man sich bloß an die Bewegungen in der geraden Aufsteigung halte, und nur auf Arktur, Sirius und Pollux Rücksicht nehme, so werde man finden, daß sich das Sonnensystem von 1756 bis 1797 in derselben Richtung bewegt habe, wie von 1706 bis 1756; nur scheine die Geschwindigkeit etwas abgenommen zu haben. Wenn also ihre Resultate sicher genug wären, so würde daraus folgen, daß das Sonnensystem gegenwärtig in dem Theile seiner Bahn sey, wo es sich von seinem Brennpunkte entferne.

Nehme man nun an, daß nach ihren verglichenen Beobachtungen die Geschwindigkeit des Sonnensystems abnehme, und daß es daher gegenwärtig in dem Theil seiner Bahn sey, wo es sich von dem Brennpunkt entferne, so müßten wir uns dem Zeitpunkte nähern, wo es zum Stillstand komme. Die Dauer des Stillstandes sey vielleicht lang, und könne daher Gelegenheit geben, an der Bewegung ganz zu zweifeln. Allein nach dem Stillstande werde sich die Bewegung von neuem zeigen, und dann, während das System sich seinem Brennpunkte wieder nähere, von Jahrhundert zu Jahrhundert wachsen.

Gegen de la Lande bemerken sie, daß er nicht allemal die ältern genauern Beobachtungen mit den neu-

neuern verglichen habe, woraus natürlich in dieser äußerst feinen Untersuchung fehlerhafte Resultate entstehen müßten; und überdem stimme die Bewegung des Sterns ϑ im großen Bären nach ihren verglichenen Beobachtungen mit der Bewegung des Sonnensystems der Richtung nach überein. Was ihre Größe anbelange, so sehen sie nicht, nach welchen vorher gegebenen Datis man sie bestimmen könnte. Die Beobachtungen stimmten also mit ihrer Hypothese überein, und wären weit entfernt, sie zu widerlegen.

Uebrigens sey es wahr, daß einige Sterne, wie Herr la Lande bemerke, eine eigene Bewegung zu haben scheinen, die ganz von der Bewegung des Sonnensystems unabhängig sey. Aber die Bewegungen der Sterne erster Größe seyen so groß, und in dieser Rücksicht so übereinstimmend, daß sie die Bewegung des Sonnensystems nach der genannten Richtung sehr wahrscheinlich machten.

Was die Einrichtung des Weltgebäudes, und die Bestimmungen der unendlichen Fixsterne betrifft, so haben die neuern Astronomen mancherley erhabene Gedanken darüber geäußert. Herrn Bode [q]) scheint es, daß sich alle Fixsterne der Milchstraße mit uns in ein einziges System zusammenziehen, in welchem der Sirius die Centralsonne seyn könnte. Die Sterne der Milchstraße seyen vermuthlich in Vergleichung mit den übrigen nicht wirklich näher beysammen, wie es scheine, sondern sie stehen daselbst in den unergründlichen Tiefen des Himmels in unzählbaren Reihen über einander, und erscheinen uns deßwegen mehr angehäuft,

q) Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels. Abth. III. Abschn. 4.

gehäuft, als in andern Gegenden, wo wir die Stellung der Sterne mehrentheils der Fläche nach setzen, ungefähr eben so, wie diejenigen Bäume in einem Walde, welche wir in langen Alleen hinter einander sehen, sich enger beysammen zeigen, als die neben uns stehenden. Hiernach müßten die sämmtlichen Fixsterne mit ihren Planetenkreisen nicht sphärisch, sondern in einer um unser Sonnensystem sehr abgeplatteten linsenförmigen Figur aufgestellt seyn. Vermuthlich befindet sich unser Sonnensystem nicht in der größten Fläche der gesammten Fixsternsysteme, sondern etwas außerhalb derselben, weil die Milchstraße nicht völlig in der Lage eines größten Kreises der Sphäre erscheint, sondern von dem Nordpole, wo die Cassiopeja in derselben steht, einen Abstand von 30 Graden, vom Südpole aber, wo das südliche Dreyeck vorgestellt wird, einen Abstand von kaum 20 Graden behält. Auch muß das Sonnensystem weit von der Centralsonne entfernt seyn, weil die Milchstraße gegen den Adler hin viel breiter und die Sterne zerstreuter erscheinen, als gegen über, wo der Orion sich zeigt. Hiebey bemerkt Herr Bode noch, daß die Nebelflecke, die gemeiniglich in einer länglichten oder elliptischen Gestalt erscheinen, nichts anders, als von ferne gesehene Milchstraßen oder Systeme von Millionen Sonnen seyn mögen, von welchen wir bloß den vereinigten Glanz wahrnehmen, und von denen das Licht erst nach Millionen Jahrtausenden zu uns gelangt, die wir also mit unsern besten Fernröhren nie sehen werden. Endlich kann man noch setzen, daß dieß dennoch nur den kleinsten Theil von dem Ganzen ausmachen kann, was der Allmächtige werden hieß. Denn die Grenzen der Schöpfung werden durch alle unsere Vorstellungen noch nicht erreicht.

Herr

Herr Herschel [r]) hat über die Einrichtung des Weltgebäudes noch mehrere Aufschlüsse zu geben versucht. Wenn man sich nach ihm die Vorstellung macht, daß alle Sterne ursprünglich ihre angewiesene Stelle im Weltraume erhielten, und gegen einander gravitirten, so mußten die größern benachbarte kleinere näher gegen sich ziehen, und die vereinte Kraft mußte dieses System immer mehr vergrößern. Die Gestalt dieser Systeme mußte nach der Größe des Hauptkörpers und nach der ursprünglichen Lage und Größe der benachbarten Sterne sehr verschieden seyn, und je reicher sie an Sternen wurden, desto ansehnlichere leere Räume mußten zwischen ihnen entstehen. Ueberdieß giebt Herr Herschel diesen Sternen, so wie den ganzen Systemen, Bewegung, um durch die daraus entstehende Schwungkraft einen Beharrungsstand zu erhalten, und das Zusammensinken der Schöpfung in eine einzige Masse zu verhindern. Auf solche Art entstehen mehrere Ordnungen solcher Systeme, und ihre Theorie wird der Lambert'schen ähnlich (Th. IV. S. 330.). Das Auge eines Beobachters, welcher noch weit vom Mittelpunkte eines Systems sich befindet, wird den Rand oder die Grenze desselben nicht erreichen, andere entfernte Systeme werden ihm nur in heitern Nächten als bloße Wölkchen, und mehrere nach einer Fläche ausgebreitete Systeme, welche zusammen wieder ein System einer höhern Ordnung bilden, als ein lichter die Sphäre umgebender Gürtel erscheinen. Dabey kann gleichwohl das Gesicht noch so begrenzt seyn, daß man von der Schö-

pfung,

r) On the construction of the Heavens. Lond. 1785. 4. und in Philos. Trans. Vol. LXXV.

pfung, die man ganz zu sehen glaubt, in der That kaum den tausendsten Theil sieht. Von dieser Theorie entwirft Herr Herschel nach seinen Beobachtungen eine Zeichnung, welche den unsichtbaren Himmel als ein System der dritten Ordnung von mehreren Millionen Sternen darstellt. Nach seinem Maasstabe, wo die Entfernung des Sirius von uns nur $\frac{1}{80}$ Zoll beträgt, sind alle in den heitersten Nächten sichtbare Sterne in einem Umfange von $\frac{1}{4}$ Durchmesser enthalten. Aber in 1000, ja 6 bis 8000fachen Siriusfernen schweben mehrere Systeme, von jenem an Größe und Sternzahl wenig verschieden; ihre zahllosen Sonnen, mit Planeten umgeben, bieten überall Flächen zur Wohnung dar, und wo in diesen unermeßlichen Gefilden Raum ist, da wallen Wesen, die sich glücklich fühlen.

Herr la Place[s]) vermuthet, daß die Fixsterne, anstatt in ohngefähr gleichen Entfernungen durch den Weltraum zerstreut zu seyn, in verschiedene Gruppen, deren jede aus mehreren Milliarden von Sternen besteht, zusammen verbunden seyen. Unsere Sonne und die glänzendsten Fixsterne machen wahrscheinlich einen Theil einer solchen Gruppe aus, welche, aus unserm Standpunkte gesehen, sich um den Himmel herzuziehen scheint, und die Milchstraße bildet. Die große Menge Sterne, die man im Felde eines nach diesen Streifen gerichteten großen Teleskops zugleich erblickt, beweißt uns seine unermeßliche Tiefe, die tausendmal größer ist, als die Entfernung des Sirius von unserer Erde. Wenn man sich davon entfernte, so würde sie endlich unter der Gestalt eines blassen und

s) Darstellung des Weltsystems. a. d. Franz. Th. II. S. 334. f.

und zusammenhangenden Lichts von einem kleinen Durchmesser erscheinen; denn alsdann würde die Irritation, die auch bey den stärksten Teleskopen besteht, die Zwischenräume der Sterne bedecken und unmerklich machen. Es ist daher wahrscheinlich, daß die sternlosen Nebelflecke aus sehr großen Entfernungen gesehene Sterngruppen sind, denen man nur näher zu kommen brauchte, um sie unter ähnlichen Gestalten, wie die Milchstraße, zu sehen. Die gegenseitigen Entfernungen der Sterne, welche jede Gruppe bilden, sind zum wenigsten hunderttausendmal größer, als die Entfernung der Sonne von der Erde; man kann also die ungeheure Ausdehnung dieser Gruppen nach der Menge der Sterne beurtheilen, die man in der Milchstraße sieht. Wenn man ferner über die geringe Breite und die große Zahl der Nebelflecke nachdenkt, die durch unvergleichbar größere Zwischenräume von einander getrennt sind, als die Sterne, woraus sie bestehen; so wird es der über die Unermeßlichkeit des Weltalls erstaunten Einbildungskraft schwer, sich Grenzen dabey zu denken.

Was die sogenannten neuen Sterne betrifft, welche eine Zeitlang mit verändertem Lichte gesehen werden, dann schnell verschwinden, so hält la Place folgende Ursache dieser Erscheinungen als wahrscheinlich: solche Sterne sollen nämlich sehr große Flecken besitzen, die sie uns periodisch zeigen, indem sie sich um sich selbst drehen, ohngefähr wie der letzte Saturnustrabant, und überdem könnte die Dazwischenkunft großer dunkler Körper, welche sich um sie bewegen, sie eine Zeitlang unsichtbar machen. Sonst könne man auch mit großer Wahrscheinlichkeit vermuthen, daß auf solchen Sternen, welche sich beynahe plötzlich mit

einem sehr lebhaften Lichte zeigten, um sofort wieder zu verschwinden, große durch außerordentliche Ursachen veranlaßte Entzündungen auf ihrer Oberfläche vorgefallen seyen; und diese Vermuthung bestätige sich durch die Veränderung ihrer Farbe, die derjenigen ähnlich sey, welche uns auf der Erde die Körper zeigten, die wir in Brand gerathen und verlöschen sehen.

Von den veränderlichen Sternen oder Wundersternen findet man mehrere Nachrichten in Bodens astronom. Jahrb. für 1786. und 1789.

Auch werden einige Fixsterne, durch Fernröhre betrachtet, doppelt gesehen, welche daher Doppelsterne genannt werden. Herr Herschel[t]) giebt von den Doppelsternen ein in sechs Classen getheiltes Verzeichniß.

Viertes Kapitel.

Von den Meynungen und Entdeckungen, welche unsere Erde insbesondere angehen.

Die im 4ten Theile erzählten Ausmessungen und übrigen Untersuchungen hatten unläugbar erwiesen daß unsere Erde ein an den Polen abgeplattetes Sphäroid sey. Man sahe sie aus physischen Gründen als einen durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Achse entstandenen Körper an. Allein die am Nordpole und am Aequator gemessenen Grade gaben bey ihrer Vergleichung unter ein-

t) Philos. Transact. Vol. LXXV. P. I. n. 6.

einander Unterschiede, die nicht wohl bloßen Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden konnten, und de la Caille's Gradmessung am Vorgebürge der guten Hoffnung veranlaßte Zweifel, ob die südliche Hälfte der Erdkugel eben so, wie die nördliche, gekrümmt sey. La Place bemerkt sogar, daß man Grund zu glauben habe, daß sie kein durch Umdrehung (einer Ebene um eine Achse) entstandener Körper sey. Der auf dem Vorgebürge der guten Hoffnung unter der südlichen Breite von 37° gemessene Grad sey sehr nahe eben so groß, wie in Frankreich unter dem Parallele von 50° gefunden; auch sey er größer gewesen, als der in Pensylvanien unter der Breite von 43°,56 gemessene. Auch der auf dem Cap gemessene Grad sey größer als der in Italien unter der Breite von 47°,80 gemessene gefunden worden; er hätte aber kleiner seyn müssen, als alle diese Grade, wenn die Erde ein durch Umdrehung entstandener regelmäßiger und von zwey gleichen Hälften eingeschlossener Körper wäre. Dieses alles zusammengenommen bestimme uns also, zu glauben, daß sie das nicht sey.

Schon d'Alembert hatte nach Newton gezeigt, daß eine und dieselbe Kugel nach einer mittelst der Umdrehung gegebenen Bewegung verschiedene Gestalten annehmen könne, ohne daß deßhalb ihre Theile aufhörten, im Gleichgewicht zu seyn. Dagegen hat Herr la Place bewiesen, daß es nur zwey mögliche Gestalten für eine Kugel, welche irgend eine gegebene Masse hat, gebe, wenn man voraussetzt, daß alle ihre Theile im Gleichgewicht sind. Diese beyden Gestalten der Erdkugel sind nach ihm folgende:

Nimmt man nämlich an, daß sich die Erde in 23 Stunden, 56 Minuten und 4 Sekunden um ihre

Achse dreht, so verhalte sich die Achse des Pols zum Durchmesser des Aequators wie 1 : 1,004334487. Daher stehen diese beyden Achsen nach dieser Angabe beynahe in dem Verhältnisse = $231\frac{7}{10} : 230\frac{7}{10}$.

Nähme man aber an, welches auch möglich wäre, daß die Umwälzung der Erde um ihre Achse 2 Stunden 25 Minut. 17 Sekunden Zeit brauchte, so würde in diesem Falle das Verhältniß beyder Achsen seyn wie 1 : 689,519, d. h. die Erde würde an den Polen ungemein stark abgeplattet seyn.

Da aber bereits schon Bouger bey der Vergleichung der damals gemessenen verschiedenen Grade gefunden hatte, daß die Erdmeridiane unter sich nicht gleich sind, und daher der Erde eine Krümmung eigener Art zuschrieb, welche auch de la Lande annimmt, so untersuchte nun la Place, wie denn eigentlich die Erdmeridiane beschaffen seyn möchten.

Der Meridian am Himmel, den die astronomischen Beobachtungen bestimmen, wird durch eine Ebene beschrieben, welche durch die Weltachse und den Scheitelpunkt des Beobachters geht, weil diese Ebene die Bogen der Parallelkreise, die die Sterne über dem Horizont beschreiben, halbirt. Alle Oerter der Erde, die ihr Zenith in der Peripherie eines solchen Meridians haben, beschreiben den ihnen zugehörigen Meridian. In Ansehung des unermeßlichen Abstandes der Fixsterne kann man die an jedem dieser Oerter errichteten Vertikallinien als parallel mit der Ebene des Meridians am Himmel betrachten, und daher von dem Erdmeridian auch diese Erklärung geben, er sey eine durch die Verbindung der untern Endpunkte aller, der Ebene des Meridians am Himmel parallelen, Vertikallinien entstehende krumme Linie. Diese krumme Linie

Linie liegt ganz in dieser Ebene, wenn die Erde ein durch Umdrehung entstandener Körper ist; in jedem andern Falle weicht sie davon ab, und ist überhaupt eine von den Linien, welche Curven von doppelter Krümmung genannt werden.

Der Erdmeridian ist nicht genau die Linie, welche die trigonometrischen Messungen in der Richtung des Meridians am Himmel bestimmen. Die erste Seite der gemessenen Linie ist eine Tangente der Erdoberfläche, und der Ebene des Meridians am Himmel parallel. Verlängert man diese Seite, bis sie einer unendlich nahen Vertikallinie begegnet, und biegt man sofort diese Verlängerung bis an den untern Endpunkt der Vertikallinie, so beschreibt man die andere Seite der Curve, und sofort die übrigen.

Die so gezogene Linie ist die kürzeste, die man auf der Oberfläche der Erde zwischen jeden zwey in dieser Linie angenommenen Punkten ziehen kann; sie liegt nicht in der Ebene des Meridians am Himmel, und fällt nur in dem Falle mit dem Erdmeridian zusammen, wenn die Erde ein durch Umdrehung entstandener Körper ist; aber der Unterschied zwischen der Länge dieser Linie und der des dazugehörigen Bogens am Erdmeridian ist so klein, daß man ihn ohne einen merklichen Irrthum vernachlässigen kann.

Wie nun auch die Erdmeridiane beschaffen seyn mögen, fährt la Place fort, so ist schon um der einzigen Ursache willen, weil ihre Grade von den Polen nach dem Aequator zu abnehmen, die Erde an den Polen abgeplattet, d. h. ihre Achse ist kleiner als der Durchmesser des Aequators. Um dieß zu zeigen, nimmt la Place an, die Erde sey ein durch Umdrehung entstandener Körper, und denkt sich den

Halb-

Halbmesser des nördlichen Polargrades nebst der ganzen Reihe aller dieser Halbmesser vom Pole bis zum Aequator, welche nach der Voraussetzung ununterbrochen abnehmen.

Man übersieht leicht, daß diese Halbmesser durch ihre auf einander folgenden Durchschnitte eine krumme Linie beschreiben, welche, nachdem sie Anfangs die Achse berührt hat, davon abweicht, indem sie ihr den erhabenen Theil ihrer Krümmung zuwendet, und sich gegen den Pol zu erhebt, bis der Halbmesser des Meridiangrades in eine Lage kommt, die auf der vorigen lothrecht ist, wo er alsdann in der Ebene des Aequators liegt. Wenn man sich nun vorstellt, der Halbmesser des Polargrades sey beweglich, und winde sich allmählig um die Bogen der Curve, so wird sein Endpunkt den Erdmeridian beschreiben, und der zwischen dem Meridiane und der Curve eingeschlossene Theil von ihm wird der dem Meridiangrade zugehörige Halbmesser seyn. Diese Curve heißt die Evolute des Meridians.

Betrachtet man jezt den Durchschnitt des Aequatorialdurchmessers und der Achse als den Mittelpunkt der Erde, so ist die Summe der zwey Tangenten, welche aus diesem Mittelpunkte, die eine längs der Achse, die andere längs dem Aequatorialdurchmesser, an die Evolute des Meridians gezogen werden, größer, als der zwischen ihnen eingeschlossene Bogen der Evolute. Nun ist der aus dem Mittelpunkt der Erde an den Nordpol gezogene Halbmesser gleich dem Halbmesser des Polargrades weniger der ersten Tangente; der Halbmesser des Aequators aber ist gleich dem Halbmesser des Meridiangrades am Aequator sammt der zweyten Tangente; folglich ist der Ueberschuß

schuß des Aequatorialhalbmessers über den Polarhalbmesser gleich der Summe dieser Tangenten, weniger dem Ueberschusse des Halbmessers des Polargrades über den Halbmesser des Aequatorialgrades des Meridians. Dieser letztere Ueberschuß ist selbst der Bogen der Evolute, ein Bogen, der kleiner ist, als die Summe der äußersten Tangenten; folglich ist der Ueberschuß des Aequatorialhalbmessers über den nördlichen Polarhalbmesser der Erde positiv. Eben so kann nun gezeigt werden, daß der Ueberschuß des Aequatorialhalbmessers über den südlichen Polarhalbmesser der Erde positiv sey; mithin ist die ganze Achse kleiner als der Durchmesser des Aequators, oder, welches einerley ist, die Erde ist an den Polen abgeplattet.

Betrachtet man jeden Theil des Meridians als einen sehr kleinen Bogen von der Peripherie des ihn berührenden Kreises, so ist leicht einzusehen, daß der aus der Erde Mittelpunkt an den einen Endpunkt des dem Pole am nächsten liegenden Bogens gezogene Halbmesser kleiner ist, als der aus dem nämlichen Mittelpunkt an den andern Endpunkt gezogene. Und hieraus folgt, daß die Halbmesser von den Polen nach dem Aequator zu wachsen, wenn, wie alle Beobachtungen solches zeigen, die Meridiangrade vom Aequator nach den Polen zu wachsen.

Der Unterschied der Halbmesser der Meridiangrade am Pole und am Aequator ist gleich dem Unterschiede der zugehörigen Erdhalbmesser sammt dem Ueberschusse der doppelten Evolute über die Summe der beyden äußersten Tangenten, welcher Ueberschuß offenbar positiv ist; die Meridiangrade wachsen also vom Aequator nach den Polen zu in einem größern

Ver-

Verhältnisse, als das der Verminderung der Erdhalbmesser ist.

Diese Beweise finden auch alsdann noch statt, wenn die beyden Hälften der Erde, die südliche und nördliche, nicht gleich und ähnlich wären, und es ist leicht, sie auch auf den Fall auszudehnen, wenn die Erde kein durch Umdrehung entstandener Körper wäre.

Nach der neuesten Ausmessung, welche im Jahr 1792. außer mehreren Mathematikern von den Herren Cassini, Mechain, de Lambre und de Borda unternommen wurde, und 12 Grade, vom 39ten bis 51ten nördlicher Breite, oder von Barcellona bis Dünkirchen in sich begriff, gab der 45ste Grad der Breite 57027 Toisen, worauf durch ein Dekret des Französ. Nationalconvents vom 31. Jul. 1793. die Einführung eines neuen Maaßes gegründet wurde.

Da nun aus den bisherigen Ausmessungen nichts Sicheres über die wahre Gestalt der Erde gefolgert werden konnte, so suchte man die Resultate der Beobachtungen mit denen, welche die Schwere giebt, zu vergleichen. Vermöge der Vermessungen der Meridiangrade der Erde müßte ihre Abplattung größer als $\frac{1}{578}$ seyn, und vermöge der Messungen des Pendels müßte eine Abnahme der Schwere von den Polen nach dem Aequator zu statt finden, welche nur 0,00555 beträgt; die Messungen der Grade und des Pendels vereinigen sich also, um zu zeigen, daß die Schwere nicht gegen einen einzigen Punkt gerichtet sey, und dieß ist ein Erfahrungsbeweis für den Satz, daß die Schwere aus den Anziehungen aller Elemente der Erde zusammengesetzt sey. In diesem Falle hängt das Gesetz der Schwere von der Gestalt des Erdsphäroids ab, welche selbst hinwiederum von dem Ge-

setze

setze der Schwere abhängig ist. Diese wechselseitige Abhängigkeit zweyer unbekannten Größen macht die Untersuchung der Gestalt der Erde sehr schwer. Stellt man sich vor, die Erde habe eine ellipsoidische Gestalt, und sey gleichartig, so läßt doch die Unregelmäßigkeit der gemessenen Meridiangrade über die Abplattung der Erde noch gar zu viele Ungewißheit übrig, als daß man erkennen könnte, ob sie ohngefähr so beschaffen ist, wie diese Voraussetzung es fordert. Allein la Place bemerkt, die ziemlich regelmäßige Zunahme der Schwere vom Aequator nach den Polen zu könne uns über diesen Gegenstand Licht geben. Nähme man die Schwere am Aequator zur Einheit an, so sey ihre Zunahme bis zum Pole, im Falle der Gleichartigkeit der Erde, 0,00435; aber nach den Pendelbeobachtungen sey diese Zunahme 0,00555; also sey die Erde nicht gleichartig. In der That wäre es auch natürlich, zu denken, daß die Dichtigkeit ihrer Schichten von der Oberfläche gegen den Mittelpunkt zunehme; ja es sey zur Beständigkeit des Gleichgewichts der Meere sogar nothwendig, daß ihre Dichtigkeit kleiner, als die mittlere Dichtigkeit der Erde sey; sonst würden die Gewässer derselben, wenn sie durch Winde oder andere Ursachen aufgetrieben werden, oft über ihre Grenzen austreten, um das feste Land zu überschwemmen.

Vermöge dieser Beobachtungen findet la Place $\frac{1}{320}$ für die Abplattung der Erde. Wenn nun die Voraussetzung einer elliptischen Gestalt der Erde in der Natur wirklich statt hat, so muß diese Abplattung den Gradmessungen Genüge thun; allein sie setzt im Gegentheil unwahrscheinliche Irrthümer dabey voraus, und dieß, verbunden mit der Schwierigkeit, alle diese

Messun-

Messungen einer und derselben elliptischen Figur anzupassen, beweise uns, daß die Figur der Erde viel zusammengesetzter sey, als man vorher glaubte. Darüber werde man sich auch nicht wundern, wenn man die Unregelmäßigkeit der Tiefen des Meers, die Erhöhung des festen Landes und der Inseln über dessen wagrechte Fläche, die Höhe der Berge, die ungleiche Dichtigkeit der Gewässer und der verschiedenen auf der Oberfläche dieses Planeten befindlichen Körper betrachte.

Um die Theorie von der Gestalt der Erde mit der größten Allgemeinheit zu umfassen, müßten die Geometer die Attractionen solcher Sphäroiden bestimmen, welche von der Kugelgestalt wenig abweichen und aus Schichten bestehen, deren Gestalt und Dichtigkeit sich nach jeden Gesetzen ändern; überdem müßte die Figur bestimmt werden, welche dem Gleichgewichte einer über ihrer Oberfläche verbreiteten Flüssigkeit zukommt. Hiemit hatten sich schon mehrere Geometer beschäftigt; allein ihre Methoden waren nicht einfach genug. Daher unternahm es la Place, diesen Gegenstand von neuem zu untersuchen, und er wurde durch eine merkwürdige Gleichung für die partialen Differenzen, welche sich auf die Attractionen der Sphäroiden bezieht, ohne Hülfe der Integrationen, durch bloße Differenziationen, auf allgemeine Ausdrücke von den Halbmessern der Sphäroiden, von ihren Attractionen gegen jede Punkte in ihrem Innern, auf ihrer Oberfläche oder außer derselben, von den Bedingungen des Gleichgewichts der sie bedeckenden Flüssigkeiten, und von dem Gesetze der Schwere und der Veränderungen der Grade auf der Oberfläche dieser Flüssigkeiten geführt. Alle diese Größen sind durch sehr einfache Verhältnisse mit einander verbunden,

und

und es ergiebt sich daraus ein leichtes Mittel, die Voraussetzungen zu berichtigen, welche man annehmen kann, um theils die beobachteten Veränderungen der Schwere, theils die Messungen der Meridiangrade darzustellen. Alle diese Ausdrücke geben eine direkte und allgemeine Auflösung der Aufgabe: die Figur einer im Gleichgewicht befindlichen, mit einer Umdrehungsbewegung versehenen, und aus unendlich vielen Flüssigkeiten von jeder Dichtigkeit zusammengesetzten flüssigen Masse zu bestimmen, deren sämmtliche Elemente einander im geraden Verhältnisse der Massen, und im umgekehrten des Quadrats der Entfernungen anziehen. Diese Aufgabe hat le Gendre, unter der Voraussetzung einer gleichartigen Masse, aufgelößt. Die flüssige Masse muß nothwendig die Gestalt eines durch Umdrehung entstandenen Ellipsoids annehmen, dessen sämmtliche Schichten elliptisch und von abnehmender Dichtigkeit sind, während ihre Ellipticität von dem Mittelpunkte gegen die Oberfläche zu wächst. Die Grenzen der Applattung des ganzen Ellipsoids sind $\frac{5}{4}$ und $\frac{1}{2}$ von dem Verhältnisse der Centrifugalkraft zur Schwere am Aequator; die erste Grenze bezieht sich auf die Gleichartigkeit der Massen, und die zweyte auf den Fall, wo die dem Mittelpunkte unendlich nahen Schichten unendlich dicht sind, und die ganze Masse des Sphäroids als in diesem Punkte vereinigt angesehen werden kann. In diesem Falle würde die Schwere gegen einen einzigen Punkt gerichtet, und dem Quadrate der Entfernungen umgekehrt proportionirt seyn; aber im allgemeinen Falle ist die Linie, welche die Richtung der Schwere vom Mittelpunkte bis an die Oberfläche des Sphäroids bestimmt, eine Curve, von welcher jedes Element auf der Schicht, durch die es geht, lothrecht ist.

La Place bemerkt ferner, es sey sehr merkwürdig, daß die beobachteten Veränderungen der Pendellängen dem Gesetze des Quadrats des Cosinus der Breite ziemlich genau folgten, von welchem die Veränderungen der gemessenen Meridiangrade merklich abwichen. Die allgemeine Theorie der Attractionen der im Gleichgewicht befindlichen Sphäroiden gebe von dieser Erscheinung eine sehr einfache Erklärung; sie zeige uns, daß die Stücke, welche in dem Werthe des Erdhalbmessers von diesem Gesetze abweichen, in dem Ausdrucke der Schwere merklicher, und in dem Ausdrucke der Grade noch merklicher werden, wo sie Werthe bekommen können, die groß genug sind, um die Erscheinung hervorzubringen. Diese Theorie lehre uns ferner, daß die Grenzen der ganzen Zunahme der Schwere, die am Aequator für die Einheit angenommen, die Produkte aus 2 und aus $\frac{5}{4}$ durch das Verhältniß der Centrifugalkraft zur Schwere seyen; die erste dieser Grenzen beziehe sich auf den Fall, wo die Schichten im Mittelpunkte unendlich dicht wären, die zweyte aber auf die Gleichartigkeit der Erde. Daß die beobachtete Zunahme zwischen diese Grenzen falle, zeige an, daß die Dichtigkeiten der Schichten des Erdsphäroids in eben dem Maaße zunehmen, als sie sich dem Mittelpunkte näherten, was auch den Gesetzen der Hydrostatik gemäß sey. Die Theorie thue also den Beobachtungen so gut Genüge, als man es bey der Ungewißheit, worin wir uns in Ansehung der Beschaffenheit des Innern der Erde befänden, nur verlangen könne.

Aus dieser Uebereinstimmung folge, daß man bey der Berechnung der Veränderungen der Schwere und der Parallaxen eine elliptische Gestalt der Erdmeridiane

ne annehmen könne, deren Abplattung dem Ueberschusse des Bruchs $\frac{1}{115,2}$ über die ganze Zunahme der Schwere von dem Aequator bis zu den Polen gleich sey.

Der aus dem Schwerpunkte des Erdsphäroids unter dem Parallele, für welchen das Quadrat des Sinus der Breite $\frac{1}{3}$ sey, an seine Oberfläche gehende Halbmesser bestimme die Kugel von einerley Masse mit der Erde, und von einer Dichtigkeit, die ihrer mittleren Dichtigkeit gleich sey. Dieser Halbmesser sey 19614648 Fuß groß, und die Schwere unter diesem Parallel sey die nämliche, wie auf der Oberfläche dieser Kugel.

Allein hier entsteht nun die Frage, welches ist das Verhältniß der mittleren Dichtigkeit der Erde zu der einer bekannten Materie, die ihre Oberfläche hätte? La Place führt an, daß die Wirkung der Attraction der Berge auf die Schwingungen des Pendels und auf die Richtung des Bleyloths uns allein zur Auflösung dieser wichtigen Aufgabe führen könne. Es giebt wirkliche Fälle, wo dergleichen Attractionen merklich werden, wenn nämlich die anziehende Masse ein merkliches Verhältniß gegen die Masse der Erde hat. Schon Bouguer verabsäumte eine so wichtige Beobachtung auf seiner, wegen der Messung der Meridiangrade am Aequator, unternommenen Reise nicht. Er nahm wahr, daß das am Quadranten hangende Bleyloth aus der lothrechten Richtung von dem Berge Chimboraço in Quito angezogen wurde. Durch mehrere auf der Nordseite gemessene Höhen der Sterne fand er die Abweichung des Bleyloths auf 7″ bis 8″. Diese Beobachtungen erweckten ein Verlangen,

die Anziehungen mehrerer Berge zu bestimmen. Nevil Maskelyne, königl. Astronom zu Greenwich, legte deßhalb der königl. Societät zu London einen Plan vor, welchen er auch im Sommer 1744. ausführte [u]). Hiezu wählte er vorzüglich den Berg Shehallion in Yorkshire, weil er einzeln steht, hoch ist, und sich weit von Osten nach Westen erstreckt, von Norden nach Süden aber steil ist und eine schmale Grundfläche hat. Hiebey kam es nun vorzüglich darauf an, die Entfernung einiger Fixsterne vom Zenith, sowohl auf der südlichen als nördlichen Seite des Berges, zu messen; denn um wie viel der Berg das Bleyloth von der Vertikallinie bey der Beobachtung auf der Südseite abgezogen hatte, um eben so viel mußte die südliche Entfernung eines Fixsterns vom Zenith zu klein gefunden werden, und umgekehrt. Dabey mußten aber auch geometrische Messungen, welche von der Anziehung des Berges frey waren, unternommen werden, um den wahren Unterschied der geographischen Breiten beyder Beobachtungen zu finden. Maskelyne stellte auf der Südseite des Berges 169, auf der Nordseite 168 Beobachtungen von 43 Sternen an, von welchen 40 mit einander verglichen für den Unterschied der Scheitelpunkte beyder Oerter 54,6 Sekunden gaben. Den Unterschied geographischer Breiten fand er durch Hülfe geometrischer Messungen 42,94 Sekunden, so daß die beyden entgegengesetzten Anziehungen des Berges diesen Unterschied um 11,66 Sekunden zu groß machten. Die Abmessungen wurden noch bis 1776. fortgesetzt und berichtigt. Die dazu gehörigen Zeichnungen findet man bey Hutton [x]), welcher zugleich berechnet, daß sich die Anziehung der Erde

u) Philos. Transact. for 1775. Vol. LXV. n. 48. 49.

x) Philos. Transact. for 1778. Vol. LXVIII. n. 33.

Erde zur Anziehung des Berges gegen das Bleyloth wie 9 zu 5 verhalte. Bey diesen Beobachtungen hatte man zugleich die Absicht, die mittlere Dichtigkeit der Erde zu bestimmen. Man fand, daß der Berg aus einem gleichförmigen Granit bestehe, dessen Dichtigkeit $2\frac{1}{2}$mal größer als die des Wassers ist; daraus schloß man, daß die mittlere Dichtigkeit der Erdkugel $4\frac{1}{2}$mal größer als die Dichtigkeit des Wassers ist.

Oberfläche der Erde.

Verschiedene neuere Geographen haben die zwischen Asien und Amerika im stillen oder Südmeere gelegenen häufigen Inseln als einen neuen oder 5ten Welttheil unter dem Nahmen Australien oder Polynesien betrachtet. Dieser neue Welttheil besteht aus Neuholland, Neu-Guinea, dem Lande der Papuas, Neu-Britannien, Neu-Irland, Louisiade, Neuseeland, den zwischen und nahe an den Wendekreisen, etwa vom 90ten bis 180ten Grad westlicher Länge, zerstreuten tropischen Inseln, und einigen unfruchtbaren Inseln im südlichen Eismeere.

Herr Bode y) giebt nach einer von den Herren Klügel und Tempelmann genommenen Rechnung den Flächenraum an:

von Europa	171834	geograph.	Quadratmeilen
— Asien	641093	—	—
— Afrika	531638	—	—
— Amerika	572110	—	—
— Neuholland	143000	—	—
Summe	2059675	geograph.	Quadratmeilen.

Wenn

y) Anleitung zur allgemeinen Kenntniß der Erdkugel.

Wenn man nun noch die übrigen Inseln auf eine Million Quadratmeilen rechnet, so würde doch nur die Oberfläche des festen Landes auf der Erde 3059675 geographische Quadratmeilen betragen. Zieht man diese von der ganzen Oberfläche der Erde ab, so würden 7222385 Quadratmeilen mit Wasser bedeckt seyn. Das feste Land beträgt mithin noch nicht einmal $\frac{1}{3}$ von der Oberfläche unserer Erde.

Die allgemeine Anordnung in der Richtung der Bergketten, welche einige Naturforscher behauptet haben, bestreitet Pallas [z]). Solche Vorstellungen, sagt er, kopiren bloß die Beschaffenheit der Länder, in welchen sie gefunden sind, machen aber keinen allgemeinen Plan der Natur aus. Die Asiatischen Bergreihen laufen nach ihm von hohen Platformen, als von gemeinschaftlichen Mittelpunkten, nach verschiedenen Richtungen aus; die Gestalt von Afrika hingegen scheint eine ganz andere Anordnung seiner Gebirge anzuzeigen.

Ein ungenannter Verfasser, welcher über Pallas [a]) Bemerkungen machte, nimmt zwey mit dem Aequator parallele Hauptketten an, die eine um den 50sten Grad nördlicher, die andere um den 25sten Grad südlicher Breite, von welchen hin und wieder Zweige, sowohl gegen den Aequator als gegen die Pole, auslaufen sollen.

Der größte Theil der Höhen der europäischen Berge ist erst in diesem Zeitraume gemessen worden. Sie sind folgende:

Mont:

z) Observations sur la formation des montagnes. Petersb. 1777. 4.

a) Journal de physique. May 1779.

	Toisen über der Meeresfläche.	
Montblanc -	2426	nach de Saussûre
	2391	— de Lûc
	2424	— Shukburgh
Aiguille d'Argentiere	2094	— de Saussûre
Corne dû midi -	1945	— de Lûc
Aetna - -	1672	— Needham
	1771	— Berechnungen aus Brydone's Beobachtungen
St. Gotthardt -	1650	— Scheuchzer
Gletscher Buet -	1579	— de Saussûre
Spitze beym Kloster auf dem St. Bernhardt	1274	— de Saussûre
Das Kloster selbst	1241	— Needham
Furka - -	973	— Scheuchzer
Mole de Genf -	940	— de Saussûre
Puy de Dome in Auvergne - -	817	— Cassini
Brocken auf dem Harz	546	— de Lûc
Thal Chamouny -	524	— de Saussûre
Gipfel des Mont-Cenis	432	— Needham
Genf - -	188	— de Saussûre
Paris, Saal der Sternwarte - -	56	— Pasumat.

Die gemeine Meynung, daß die Bergluft am reinsten und heitersten sey, geht nach den neuern Beobachtungen nur bis zu einer gewissen Grenze, welche sich aber nicht bestimmt angeben läßt. Herr de Saussûre[b]) hat dieß besonders auf dem Montblanc, wel-

b) Relation d'un voyage à la cime du Mont-blanc en Août 1787.

welchen er im Jahr 1786. im August mit einigen Begleitern bestieg, genugsam erfahren. Schon bey der Reise nach dem Buet theilt er von der Bergluft eine umständliche Nachricht mit. Er sagt, so bald man eine Höhe von 1300 bis 1400 Toisen erreicht habe, so wirke schon die Dünne der Luft merklich auf den Körper, indem sie die Kräfte schnell erschöpfe. Man sey nämlich so sehr ermattet, daß man nicht einen Schritt weiter zu thun vermögend wäre, ohne ein ungemein starkes Herzklopfen zu bekommen, und in Gefahr zu stehen, in Ohnmacht zu fallen. Jedoch stellen sich die Kräfte durch bloßes Stillstehen binnen 2 bis 3 Minuten so wieder her, daß man glaube, in Einem Athem den Gipfel ersteigen zu können. Sobald man aber auf großen Höhen von neuem etwa 16 bis 18 Schritte weiter gegangen sey, so stelle sich die Ermattung eben so wie vorher ein, und die Rückkehr erfolge beym Stillstehen eben so wie vorher u. s. w. Hieraus schließt Herr de Saussure, daß diese Entkräftung unmöglich von einer Ermüdung im Steigen herrühren könne, weil sich alsdann die Kräfte in einer so kurzen Zeit nicht so vollkommen, wie es erfolge, wieder herstellen könnten. Eine fernere Wirkung der Dünne der Luft sey die Schläfrigkeit, womit Alle zugleich befallen würden, welche in großen Höhen nur einige Augenblicke ruheten und sich nicht beschäftigten, obgleich den Schlaf weder Winde, noch Kälte, noch Hitze begünstigten. In der Ebene hingegen schlafe man so schnell nicht ein, besonders wenn die Kräfte schon so wie auf dem Berge durch eine augenblickliche Ruhe wieder hergestellt sind. Auch Personen, welche von sehr starker Leibesconstitution wären, müßten von der dünnen Bergluft noch weit mehr leiden. In gewissen Höhen überfiele sie ein

ein Ekel, Erbrechen, ja selbst Ohnmachten, nach welchen ein todtenähnlicher Schlaf erfolge. Alle diese Wirkungen leitet Herr de Saussûre von dem veränderten Druck der Luft auf die Gefäße, und von ihrer dadurch erschlafften Elasticität her.

Auf die innere Beschaffenheit der Berge, welche gar sehr verschieden ist, ist man erst in den neuern Zeiten aufmerksam geworden, indem man daraus auf ihre Entstehung geschlossen hat. Betrachtungen hierüber findet man bey den Herren von Trebra [c]), Voigt [d]) und Werner [e]).

Nach diesen neuern Beobachtungen hat man die Gebirgsarten vorzüglich in vier Hauptklassen abgetheilt. Zu der ersten Classe rechnet man die uranfänglichen Gebirgsarten, welche so zu sagen den Kern der Gebirgsketten auf der Erdfläche ausmachen, die größten zusammenhängenden Berge bilden, sich in das Innere der Erde erstrecken, und gleichsam um die Erde eine feste Kruste bilden, worauf das Wasser und die daraus hervorragenden Inseln, so wie die mit ihnen zusammenhängenden Gebirge des festen Landes ruhen. Mehrentheils bestehen diese Gebirgsarten durch und durch aus einer gleichartigen Materie, und nur selten wechseln andere Gebirgsarten mit ihnen ab. Die Materie läßt sich größtentheils nach allen Richtungen spalten. In diesen uranfänglichen Gebirgsarten

c) Erfahrungen vom Innern der Gebirge, und Beobachtungen. Dessau u. Leipz. 1785. Fol.

d) Briefe über die Gebirgslehre. Weimar 1786. 8.

e) Kurze Classifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten. Dresden 1787. 4.

arten finden sich weder Seeprodukte noch Versteinerungen. Daher hat man geschlossen, daß ihre Entstehung noch dem Daseyn der Seethiere vorher gegangen seyn müsse.

Zu der andern Hauptklasse der Gebirgsarten gehören die Berge von der zweyten Ordnung, welche beym Bergbau Flötzgebirge genannt werden. Sie bestehen auch aus verschiedenen Schichten und Lagern, welche über einander liegen, gewöhnlich mit einander parallel laufen, und sehr selten mit andern Fossilien vermengt sind. Wenn diese Gebirge mit den uranfänglichen zusammentreffen, so finden sich allemal diese von jenen, aber nie umgekehrt, bedeckt. Hieraus hat man geschlossen, daß die Flötzgebirge nach den uranfänglichen Gebirgen ihren Ursprung erhalten haben. Die Schichten, welche in parallelen Lagen über einander liegen, sind keinesweges nach ihren specifischen Gewichten geordnet, sondern oftmals liegt eine specifisch schwerere Lage über einer specifisch leichtern u. s. f. Ueberhaupt hat man aus ihrer ganzen Bildung und der darin versteinerten Seeprodukte geschlossen, daß sie weiter nichts als Bodensätze des Wassers sind, welche vermuthlich in verschiedenen Perioden gebildet sind. Zwischen diesen beyden Hauptklassen der Gebirgsarten finden sich auch einige Berge, von welchen es an sich zweifelhaft ist, ob sie zu den uranfänglichen Gebirgsarten oder zu den Flötzgebirgen gehören. Dahin gehören die Schiefergebirge, welche oft ohne alle Seeprodukte in verschiedenen Lagen bis zur größten Höhe sich erheben, oft aber auch in horizontalen parallelen Schichten mit einer großen Menge Eindrücke von Muscheln, Fischen und Kräutern gefunden werden. Diese letztern scheinen also unterm Wasser gebildet zu seyn;

von

von den erstern aber, welche der Hauptsitz der edlen Metalle sind, läßt sich nichts Entscheidendes bestimmen.

Zu der dritten Hauptklasse der Gebirgsarten gehören diejenigen, welche noch neuer als die von dem Meere gebildeten Flözgebirge sind. Sie haben mit diesen das gemein, daß sie gleich diesen auf dem nassen Wege entstanden sind, wie man aus ihren Lagen und ihrer Construktion geschlossen hat. Sie bestehen nämlich ebenfalls aus über einander gelegten Schichten und Lagern, welche aus Theilen der uranfänglichen und der Flözgebirge zusammengesetzt sind, die aber eine verschiedene Dicke besitzen. Diese Gebirge heissen aufgeschwemmte Gebirge. Sie bestehen mehrentheils aus Sandstein und Mergelschichten, und enthalten wenig oder gar keine Seeprodukte, dagegen eine große Menge von versteinertem Holze, Abdrükke von Pflanzen und von Knochen der Landthiere, ganze Baumstämme, welche wie braune Kohle aussehen, und an welchen man oft noch die Rinde und Fasern bemerken kann. Merkwürdig ist es aber, daß in diesen aufgeschwemmten Gebirgen thierische Produkte in solchen Gegenden gefunden werden, wo die Thiere selbst ihrer Natur nach sich gar nicht haben aufhalten können. Von diesen aufgeschwemmten Gebirgen hat man wieder zwey Hauptgattungen, nämlich plattes Landgebirge und Seifengebirge. Die Oberfläche des ersten ist entweder völlig eben, oder sie erhebt sich ganz unmerklich, und ist nur hie und da mit kleinen Hügeln besetzt. Die oberste Lage desselben besteht gewöhnlich aus der so genannten Damm- oder Gartenerde, worin die Pflanzen und Bäume wachsen.

Die vierte Hauptklasse der Gebirge machen endlich die Vulkane oder feuerspeyenden Berge aus. Diese haben

haben vorzüglich Veranlassung zur Veränderung der Erdoberfläche gegeben. Einer der schrecklichsten Ausbrüche des Vesuvs erfolgte im Jahr 1779, von welchem die vorzüglichsten Erscheinungen nach Duchanoy's [f]) Beschreibung folgende waren.

Im Jahr 1779. war der Crater des Vesuvs kreisrund, und mochte im Durchmesser etwa 90 Schritt haben. Aus seiner Mitte erhob sich ein kleiner Berg, welcher ohngefähr 100 Schritt hoch war, und im Durchmesser 50 Schritt hatte. Aus diesem kleinen Berge, welcher gleichsam den Schornstein des Vulkans vorstellte, stieg schon im May 1779. alle halbe Viertelstunde eine 10 bis 12 Fuß starke Feuersäule auf, welche sich beynahe auf 250 Schritt über den Berg erhob, und einen Regen von verbrannter Erde, halbcalcinirtem Sande, Harz und Asche verbreitete. Vor= und nachher hörte man ein starkes Brausen, und der Knall der Explosion selbst glich einem Kanonenschusse. So oft die Materie im Innern des Berges aufstieg, um eine Explosion zu verursachen, erhob sich am Fuß des Kegels ein Hügel von Erde, welcher 6 bis 12 Fuß in die Höhe stieg, und dadurch die eine Seite des Kegels gegen sich zog. Im Augenblicke der Explosion blieb dieser Hügel stehen, zwischen den kurzen Pausen der zwey= bis dreymal kurz auf einander folgenden Explosionen sahe man ihn sinken und wieder steigen, bis er sich nach geendigter Explosion wieder in die Ebene des Craters niedersenkte. Diese Erscheinung hatte völlig das Ansehen einer Blase, welche sich vom Athmen erweitert und verengert, und rührte von

f) *Rozier* journal de physique. Juil. 1780. übers. in den Leipz. Samml. zur Phys. und Naturgesch. B. II. St. 5. S. 541.

von einer neuen Lava her, die den Crater damals bedeckte, einen Ausweg suchte, und sich nachher denselben an der Seite, etwa 500 bis 600 Fuß vom Crater, wirklich eröffnete. Wenn der Hügel wieder einsank, so hörte man diese Lava sehr deutlich abfließen, und durch Spalten in das Innere des Berges zurückgehen.

Im August 1779. wurden die Explosionen immer stärker und häufiger. Am 8ten August bildete der emporsteigende Rauch eine ungeheure Masse, wie eine stillstehende Wolke, in welcher man eine Feuersäule wahrnahm, mit einer Menge großer Steine vermischt, welche nach ihrem Falle vom Berge herabrollten. Mit eintretender Nacht erhob sich schon alle halbe Minuten ein neuer Strom brennender Materien, welcher endlich so stark ward, daß er eine gerade Richtung nahm, und dem Winde gar nicht mehr nachgab. Gegen $8\frac{1}{2}$ Uhr folgten die Explosionen fast ununterbrochen auf einander; die Feuerströme, welche nun den ganzen Crater zur Grundfläche hatten, stiegen in pyramidalischer Form auf eine unglaubliche Höhe, schütteten eine Menge brennender Substanzen herab, und verbreiteten einen Rauch, der das Licht des Feuers zurückwarf, und den Glanz des ganzen Schauspiels erhöhete.

Endlich hörte man um $9\frac{1}{2}$ Uhr eine schreckliche Explosion, stärker als den Knall des gröbsten Geschützes, und mit ihr stieg ein starker schwarzer Rauch in die Luft, welcher einen Theil des Craters mit sich führte. In wenig Augenblicken zeigte sich durch diesen Rauch die Feuersäule wieder, welche sich nun auf eine Höhe erhob, die man dreymal höher, als die Höhe des ganzen Berges, d. i. auf 6000 Fuß, schätzen konnte.

konnte. Die Masse des Rauchs nahm ihre Hauptrichtung auf den Somma und Ottojano zu, stieg aber so hoch, daß man zu Neapel und überall in der Nähe glaubte, sie erreiche den Scheitel, und theilte sich in Gruppen, die von dem Feuer und den überall hervorschießenden Blitzen auf tausend verschiedene Arten erleuchtet wurden.

Die Feuersäule war so stark, als ob die Erde einen Theil ihrer brennenden Eingeweide auswürfe. Der Regen von brennenden Materien verstärkte noch ihre scheinbare Größe, und das Meer, das ihren Glanz zurückwarf, glich dem eröffneten Schlunde der Hölle. Bey diesem Lichte konnte man in Neapel die kleinste Schrift lesen. Die unten senkrechte Säule bog sich am obern Ende; ein Theil von ihr ward von dem Winde in die Ferne geführt, ein anderer fiel auf den Vesuv und das Atrio del Cavallo zurück, welche davon, wie in einem feurigen Schleyer, verhüllt wurden. In wenig Augenblicken verwandelte sich der Berg in eine feurige Halbkugel, und verschwand endlich ganz in einem glühenden rosenfarbigen Dampfe, der sich gar nicht beschreiben läßt. Wenn man sich eine feine rosenfarbene Atmosphäre, und in ihrer Mitte einen Berg mit lebhaft rothem, heftig bewegtem Feuer vorstellt, so hat man nur eine schwache Idee von diesem Schauspiele, dessen Größe keine Schilderung eines Mahlers hat erreichen können. Alles schien so in einander geflossen, daß man glauben mußte, der Berg sey verschlungen, oder in die Luft geworfen worden.

Die Feuersäule und Rauchmasse wurden auf allen Seiten von Blitzen durchschnitten, die theils aus der Erde, theils aus der Luft zu kommen schienen.

Das

Das Ganze stellte eine brennende Wolke vor, aus welcher ein unaufhörlicher Feuerregen überall Tod und Verwüstung drohete. Hin und wieder fielen Steine von ungeheurer Größe, deren Fall 25 Sekunden lang dauerte, ob sie gleich bey weitem nicht so hoch, wie die kleinern, stiegen. Mit solchen Steinen schien das Thal Somma ganz verschüttet. Die Gesträuche und Castanienwälder des Ottojano entzündeten sich augenblicklich durch die glühenden Steine und Blitze. Nach der ersten Betäubung empfand man nichts als die Gefahr, mit welcher dieses schreckliche Phänomen drohete, und nun überließ sich das Volk, besonders in Neapel, den gewöhnlichen Unordnungen. Die Stadt Ottojano ward am meisten vom Feuerregen beschädigt.

Gleichwohl hörte dieser schreckliche Ausbruch, nachdem er etwa 37 Minuten gedauert hatte, binnen 2 Minuten gänzlich auf. Man sahe den Berg in seiner vorigen Gestalt wieder, aber ganz mit glühenden Steinen bedeckt, die noch einen guten Theil der Nacht hindurch leuchteten.

Aehnliche Beschreibungen mit Abbildungen begleitet finden sich in dem schönen Werke des Ritters Hamilton[g]).

Der neueste Ausbruch des Vesuvs im Jahre 1795 hat einen beträchtlichen Theil des Berges zerstört, und die Gestalt des Berges verändert.

Von dem Aetna in Sicilien geben Beschreibungen: Hamilton[h]), Brydone[i]), Spallanzani,

g) Campi Phlegraei or observat. on the Vulcanos of the two Sicilies. Napoli 1776. II. Vol. fol.

h) Philos. Transact. Vol. LXI. P. I.

i) A tour trough Sicily and Maltha. Lond. 1773. 8. P. Bry-

ni[k]), und mehrere Reisebeschreibungen nach Sicilien. Von dem Ausbruche desselben, der im Jahre 1787 erfolgte, handelt ein Aufsatz von Mirore[l]), und eine eigene Schrift von Dolomieu[m]). Der Aetna ist von einer so beträchtlichen Höhe, daß der Schnee auf seinem Gipfel nicht schmilzt. Sein großer Crater hat gegen eine Meile im Umfange. An den Seiten und am Fuße des Berges sieht man mehr als 40 kleinere Kegel mit ausgehöhlten Gipfeln, welche aus eben so vielen durch die Hauptmasse des großen Berges ausgebrochenen Feuerschlünden entstanden sind. Aus diesen Oeffnungen sind die Laven ausgeflossen, welche die ganze umliegende Gegend bedecken, und sich durch ihre ausnehmende Fruchtbarkeit auszeichnen. Herrn Spallanzani gelang es, an den äußersten Rand des Craters zu kommen, und einen Blick in das Innere des Vulkans zu thun. Hier sahe er eine große Höhle, deren Boden eine fast horizontale Fläche von ⅔ Meilen im Umfang bildete; darin fand sich eine kreisrunde Oeffnung von etwa 5 Ruthen Durchmesser. Aus dieser Oeffnung hob sich eine große Rauchsäule empor, und man konnte mit der größten Deutlichkeit eine flüssige brennende Substanz erblicken, welche anhaltend, aber ganz mäßig, aufwallte, kochte, sich im Krei-

Brydone's Reisen durch Sicilien und Maltha. Aus dem Engl. Leipz. 1774. Th. II. 8.

k) Reisen in beyde Sicilien und in einige Gegenden der Apenninen. Aus dem Ital. mit Anmerk. Th. I. Leipz. 1795. 8.

l) Gothaisches Magazin. B. V. St. 4. S. 9. f.

m) Mémoir. sur les Isles ponces, et catalogue raisonné des produits de l'Etna suivis de la déscription de l'éruption de l'Etna en 1787. Paris. 1788. 8.

Kreise herumtrieb, und wieder niedersank, ohne sich jedoch jemals bis auf die ebene Fläche zu verbreiten. Die Beschreibung dieser Höhle hat Spallanzani durch eine Kupfertafel sehr gut erläutert.

Nach Brydone's Bericht hat der Canonicus Recupero aus den Veränderungen der Laven zu berechnen gesucht, zu welcher Zeit der Aetna zu brennen habe anfangen können. Nach dieser seiner Berechnung glaubte er, das Alter dieses Vulkans auf 14000 Jahre setzen zu können. Allein man hat dagegen Einwendungen gemacht, und Guenaut [n]) hat durch Rechnung zu bestimmen gesucht, daß der erste Ausbruch desselben ohngefähr anderthalbtausend Jahre vor der christlichen Zeitrechnung erfolgt sey.

Ueberhaupt aber beweisen die Reisebeschreibungen, daß es nicht allein in Italien weit mehrere Vulkane gegeben haben muß, sondern daß es auch in allen Ländern, ja selbst unter dem Meere, dergleichen giebt.

In diesem Zeitraume fieng man nun auch an, die vulkanischen Produkte, und die Oerter, wo sich Vulkane befinden, näher zu untersuchen. Dieß bestimmte die Meynung über den Ursprung und die Unterhaltung der feuerspeyenden Berge. Man fand des ältern Lemery's Behauptung, daß durch die Verwitterung der Schwefelkiese bey hinreichendem Zutritte der Luft und des Wassers Selbstentzündungen entstehen können, in so fern hinreichend, um die Entzündung zu erklären; allein zur Unterhaltung der Vulkane schienen doch die Kiese bey weitem nicht hinreichend zu seyn. Man fand, daß es keinen Vulkan giebt,

n) Collect. Academ. Part. franç. T. VI. p. 489.

giebt, in welchem sich nicht Salmiak und Erdöl befände; daher behauptete man mit der größten Wahrscheinlichkeit, daß Steinkohlen, Torf und unterirdische Hölzer, in welchen sich Schwefelkies erzeugt hat, die eigentlichen Nahrungsmittel des Feuers der Vulkane sind. Gegen diese Meynung haben zwar Einige behauptet, daß man in allen Arten der Gebirge Vulkane antreffe, wo man doch nie Erdharze, Torf und bituminöse Hölzer finde. Allein man hat sehr richtig dagegen bemerkt, daß die Steinkohlenschichten sehr oft mit den ursprünglichen Gebirgslagen zusammenhängen, und daß das Feuer eigentlich in jenen und nicht in diesen brennt, wenn es auch gleich scheine, als ob sich ein Schlund in der Mitte der uranfänglichen Gebirge selbst befände. Herr Werner [o]) in Freyberg hat in einem eigenen Aufsatze dargethan, daß Steinkohlenflöze zu vulkanischen Ausbrüchen Gelegenheit geben, und lange Zeit unterhalten können.

Die größte Schwierigkeit, die man sonst bey den Vulkanen, besonders bey denjenigen, die unter dem Meere sich befinden, fand, war diese, daß man nicht zu erklären wußte, wie sie brennen könnten, ohne eine Gemeinschaft mit der äußern Luft zu haben. De la Metherie [p]) bemerkt aber, daß die neuere Chemie gezeigt habe, daß mehrere metallische Kalke, z. B. Kalke des Braunsteins, des Eisens u. s. f. viel reine Luft aus sich entwickelten, und diese Luft werde zur Unterhaltung jenes Feuers hinreichend seyn. Auch selbst das Wasser werde hiebey zersetzt, und zum Theil in

o) Versuch über die Entstehung der Vulkane durch Entzündung mäßiger Steinkohlenflöze, als Beytrag zur Geschichte des Basalts; in Höpfners Magazin. B. IV.

p) Theorie der Erde, aus dem Französ. Th. II. §. 281. ff.

in Luft verwandelt, so daß das Feuer auf eine hinreichende Art unterhalten werden könne. In den Vulkanen sey aber Wasser, folglich könne auch auf solche Art eine Entzündung und Verbrennung vor sich gehen, obgleich die freye Luft keinen Zutritt zu den brennbaren Substanzen habe. Diese Erklärung scheine um so mehr gegründet zu seyn, da, wie man wisse, die Steinkohlen selbst im Wasser brennten. Das Feuer unter dem Meere könnte sich folglich bis zu dem Augenblicke, wo etwa ein kleinerer oder größerer Theil der brennenden Materien mit Wasser in unmittelbare Berührung kommen werde, erhalten; denn man müsse annehmen, daß gewöhnlicher Weise das Wasser nicht bis zu denselben dringe; von Zeit zu Zeit aber erhielten sie Risse, durch welche das Wasser in den Feuerheerd selbst übergehen könne, und wenn dieß der Fall sey, so werde dann eine lebhafte Bewegung und ein Ausbruch erfolgen. Wenn aber endlich das Wasser in zu großer Menge nach diesen Heerd hinfließe, so werde es zuverlässig das Feuer ersticken.

Auch trage es sich oft zu, daß äußere Luft in das Innere eines Vulkans hineindringe; denn gewöhnlich haben die Schlünde solcher Berge mehrere Luftlöcher, durch welche Rauch davon gehe; durch solche Oeffnungen könne aber ohne Zweifel Luft in den Schlund gelangen. Es werde nämlich, indem durch eine solche Oeffnung Dünste entwichen, eine augenblickliche Leere in dem Vulkan entstehen, und die äußere Luft werde sich also gleich durch eine andere Oeffnung in denselben stürzen. So müsse also immer eine Art von Luftzug in dem Innern des Vulkans statt finden.

Ueberdieß könne auch eine Verbrennung ohne allen Zutritt einer gewissen Menge atmosphärischer Luft erfolgen. Diese Wahrheit hätten besonders die Herren Deiman, Paets van Troostwyk, Bondt, Niewland und van Laurenburg erwiesen, und durch Versuche bestätigt [q]). Diese hatten sich nämlich Gemische gemacht, die den Kiesen ähnlich waren, und entzündeten dieselben sowohl in unreiner, als auch in fixer Luft und in andern Gasarten, ja auch unter Quecksilber, und sie hatten hiebey eine solche Veranstaltung getroffen, daß keine atmosphärische Luft zu ihren Gemengen kommen konnte.

Meistentheils sind die Ausbrüche der Vulkane mit elektrischen Erscheinungen begleitet. Der Ritter Hamilton hat die leuchtenden Blitze sehr genau beschrieben, die er bey dem Ausbruche des Vesuvs im Jahre 1779 beobachtet hat, und die, wie er versichert, mit heftigen Donnerschlägen vergesellschaftet waren. Daher haben einige Naturforscher die Entstehung der Vulkane bloß der Elektricität zugeschrieben. Die hauptsächlichsten Vertheidiger dieser Hypothese sind der Abbé Bertholon de St. Lazare [r]), und der Leibarzt zu Neapel, Giovanni Vicenzio [s]). Ihre vorzüglichsten Gründe für diese Behauptung sind: daß unmittelbar nach den Ausbrüchen die Vegetation äußerst lebhaft werde; daß die Vulkane hohe hervorragende Gegenstände sind, nahe am Wasser liegen, viel metallische Substanzen enthalten u. s. f. Als Gegenmittel wider die Vulkane

q) Journal de physique 1794. Cahier 5.

r) Journal de physique. Août 1779.

s) Istoria et teoria de tremuati. Napoli 1783. 8.

ne haben sie daher eiserne an beyden Enden zugespitzte und unter der Erde in mehrere Zweige ausgebreitete Stangen unter dem Nahmen Paratremblemens de terre, und Para-Volcans aufzurichten vorgeschlagen.

Allein man hat gegen diese Meynung mit Recht erwiedert, daß diese elektrischen Erscheinungen, welche bey den Ausbrüchen der Vulkane beobachtet werden, ihren Grund mehr in den aufsteigenden Dünsten haben, indem ausgemacht sey, daß das kochende Wasser, und besonders das Wasser, das auf kochende Materien gegossen werde, starke elektrische Wirkungen äußere. In den Vulkanen sey aber ein sehr großer Heerd von brennenden Materien, geschmolzene Lava und auch sehr viel Wasser; überdieß finde sich der Gipfel des feuerspeyenden Berges immer in eine dicke Wolke eingehüllt, und die Dünste, aus welchen diese bestehe, müßten daher mit Elektricität beladen seyn; daher würden hieraus Blitze, Donnerschläge u. s. w., wie bey den gewöhnlichen Gewittern, entstehen.

Ueberhaupt giebt es noch manche Erscheinungen, welche sich bey den Vulkanen vorfinden, die bis jetzt noch nicht befriedigend erklärt werden können. Einer der ersten Vulkanisten, Deodot Dolomieu [t]), bemerkt, daß die Fortschritte unserer Kenntnisse in der Naturgeschichte der Vulkane weit rascher würden gewesen, und die Theorie der unterirdischen Entzündungen vervollkommnet worden seyn, wenn man mehr Methode in das Verzeichniß der vulkanischen Pro-

t) Journal de physique 1794. in Gren's neuem Journale der Physik. B. III. S. 198. u. f.

Produkte gebracht, und immer die Stoffe, welche wirklich durch unterirdisches Feuer angegriffen und abgeändert worden, von denen, welche nur unter sehr entfernten Beziehungen den Vulkanen angehörten, oder welche sogar mit ihrer Entzündung gar nichts zu thun hätten, zu unterscheiden gewußt hätte. Man habe aber die Umstände und die Epochen, worin jede der in einem vulkanischen Gebirge angehäusten Substanzen hervorgebracht seyn konnte, nicht genugsam beobachtet und unterschieden; man habe häufig Bodensätze einer spätern Insiltration der Vulkane deshalb verwechselt, weil sie sich in Gebirgsmassen, die den Laven zur Basis gedient hätten, eingeschlossen fanden; man habe oft Materien mit solchen Substanzen zusammengestellt, deren Entstehung, Abbildung und Art zu seyn der Einwirkung der Hitze zuzuschreiben sey; indem man beständig geneigt gewesen sey, dasjenige Einem Wirkungsmittel zuzuschreiben, was, weil es sich an einerley Ort angehäuft fand, von einerley Umständen abzuhangen schien. Diese Unordnung in der Zusammenstellung der vulkanischen Produkte habe Verwirrung in die Begriffe gebracht, und man müsse nothwendig von der Art falsch urtheilen, wie das unterirdische Feuer wirke, wenn man ihm Wirkungen zuschreibe, woran es keinen Theil habe; man hege falsche Muthmaßungen über seine Natur, man irre sich in der Meynung seiner Wirksamkeit, wenn man die Materien verkenne, die es wirklich verändert habe, und sie nicht von denen unterscheide, die seinem Angriffe widerstanden haben. Dieser Mangel an Methode sey Ursache des Irthums, worin einige berühmte Naturforscher gerathen wären, die, weil sie nicht Gelegenheit gehabt hätten, brennende Vulkane zu studiren, die Analogie zur Erklä-

klärung erloschener Vulkane nicht hätten anwenden können. Sie wären genöthigt gewesen, ihr Vertrauen auf Sammlungen, die in der Eil gemacht wären, oder auf mangelhafte Verzeichnisse zu setzen; anstatt der gehoften Aufklärung hätten sie nur falsche Begriffe erhalten, welche, statt ihnen die verlangten Kenntnisse zu verschaffen, sie vielmehr von ihrem Zwecke entfernt hätten. Sie hätten sich ohne Hülfsmittel befunden, die verschiedenen Widersprüche, die sich bey der gewöhnlichen Anhäufung ganz und gar unähnlicher Gegenstände in vulkanischen Gebirgen der ältern Epoche zu finden schienen, zu heben. Einige, welche den unwidersprechlichen Eindruck des Feuers auf die von ihnen untersuchten Substanzen erkannt, hätten gewollt, daß Alles, was diese umgeben, ebenfalls den unterirdischen Feuern zugehört habe. Andere, welche an einigen Schichten der Gebirge, deren Natur sie zu bestimmen gesucht, unbezweifelte Beweise des Einflusses des Wassers und die unverkennbare Beute des Meeres daran wahrgenommen, hätten sich nicht überzeugen können, daß andere Stoffe dazwischen von einem andern Agens herrührten, u. s. f.

Ob nun gleich die Produkte, welche sich gewöhnlich in vulkanischen Gebirgen vorfinden, die Natur und Beschaffenheit der vulkanischen Gebirge näher kennen gelehrt haben, so kann ich doch die Geschichte derselben hier nicht weiter verfolgen, weil sie in die Geschichte der Mineralogie gehören.

Was die Erdbeben betrifft, welche in einer so genauen Verbindung mit den Vulkanen stehen, und meistentheils auch vor und selbst nach dem Ausbruche der Vulkane schreckliche Verwüstungen anrichten, so haben sehr Viele dieselben von der Wirkung der Elek-

tricität, besonders zu der Zeit, da diese Lehre weiter verfolgt wurde, abzuleiten gesucht. Nach Beccaria hat besonders der berühmte Cavallo[u]) den im 4ten Theile S. 365. angeführten Versuch von Beccaria dem Erdbeben noch ähnlicher zu machen gesucht. Er legt nämlich die Enden zweyer Dräthe auf ein Glas, so daß beyde in einer geraden Linie liegen, und etwa 1 Zoll weit von einander entfernt sind; hierauf legt er zwischen beyde Dräthe auf das Glas ein starkes Stück Elfenbein mit einem Gewichte beschwert, und läßt durch die Dräthe zwischen dem Glase und Elfenbeine den Schlag einer geladenen Batterie durchgehen. Auf diese Art wird das Glas durch den Schlag mehrentheils zerbrochen. Das auf dem Glase liegende Gewicht wird allezeit durch den Schlag erschüttert, und bisweilen ganz von dem Elfenbein herabgeworfen. Herr Cavallo bemerkt dabey, daß, wenn kleine Modelle von Gebäuden u. dergl. auf einem Bretchen auf das Elfenbein gesetzt werden, die von dem Schlage verursachte Erschütterung ein sehr natürliches Bild des Erdbebens gebe.

Einige haben zwar auch bey dem Erdbeben die Mitwirkung des unterirdischen Feuers und der Dämpfe nicht ausgeschlossen; allein den Ursprung der Entzündung leiten sie doch von der elektrischen Materie ab, welche sich im Innern der Erde thätig erweisen soll. Auf diese Hypothese hat sogar Bertholon St. Lazare[x]) einen Vorschlag gegründet, um ganze Gegenden gegen die Wirkung der Erdbeben zu schüt-

u) Vollständige Abhandlung der Lehre der Elektricität. Leipz. 1797. 8. B. I. S. 224.

x) *Rozier* journal de physique. Août 1779.

schützen, so wie durch die Blitzableiter die Gebäude. Sein Vorschlag geht nämlich dahin, zu dieser Absicht lange eiserne Stangen so tief als es nur thunlich ist in die Erde einzugraben, deren beyde Enden, sowohl das eingegrabene als auch das in die Luft hervorragende, mit einer Krone von verschiedenen Spitzen versehen seyn sollen. Das untere Ende dieser Stangen soll sich in mehrere lange Aeste zertheilen, um dadurch eine beständig leitende Verbindung und ein beständiges Gleichgewicht der elektrischen Materie zwischen der Atmosphäre und dem Inneren der Erde zu erhalten, oder, wenn ja eine Störung des Gleichgewichts Statt finden sollte, dadurch wenigstens der elektrischen Materie einen unschädlichen Uebergang zu verschaffen. Auch hat Herr Wiedeburg [y]) diese Vorschläge wiederholt, und selbst die Errichtung von Pyramiden als einen Schutz gegen die Erdbeben vorgeschlagen.

De la Metherie [z]) ist der Meynung, daß die Erdbeben von unterirdischen Feuern und von eben denselben Ursachen abhangen, welche die Ausbrüche der Vulkane bewirken. Denn er sagt, wenn Wasser in die unterirdischen Behälter kommt, so wird es in Dünste verwandelt werden, zugleich wird sich viel Luft daraus entbinden, und diese feinen Flüssigkeiten werden in die Spalten eindringen, sich in denselben ausbreiten und so in einem größern oder kleinern Stücke Landes eine Erschütterung zuwege bringen. Bey allen heftigen Erdbeben sehe man Flammen an Orten, wo man so etwas nicht ahne, aus der Erde her-

y) Ueber die Erdbeben. Jena 1784. 8.

z) Theorie der Erde. aus dem Französ. Leipz. 1797. 8. Th. II. S. 368. u. f.

hervorbrechen. Zwar stellten sich Erdbeben auch an Orten ein, wo man nichts weniger als unterirdische Feuer vermuthen sollte, welche Erscheinung in der That höchst merkwürdig sey, wie z. B. in der Schweiz und deren Nachbarschaft, in den Pyrenäen, in Gascogne, in der Gegend von Bourdeaux, in dem Jura, in der Gegend um Dijon, in der Pfalz, in den Niederlanden u. s. f.; doch sey es möglich, daß hier solche Feuer seyen, welche ganz still und ohne einige Bewegung zu verursachen brennen, und die vielleicht durch einige Ueberbleibsel von jenen brennbaren Materien unterhalten werden, welche den feuerspeyenden Bergen, die sonst im Breisgau, an den Ufern des Rheins u. s. waren, Nahrung darreichten und sie eine Zeitlang in Wirksamkeit erhielten. Mehrere Provinzen von China seyen Erdbeben ausgesetzt gewesen, ob man gleich nichts von Vulkanen in diesen Ländern wisse. Die Erdbeben breiteten sich selbst bis an solche Orte aus, an welchen man zu der Zeit, da man die Wirkungen entfernter Erschütterungen verspüre, keine unterirdischen Feuer zu vermuthen Grund habe; denn wenn an diesen Orten solche Feuer zugegen wären, so würde die Bewegung sich in demselben Augenblicke äußern. Man müsse also annehmen, daß eine solche Bewegung sehr entlegenen Orten mitgetheilt werde, und dieser Erfolg lasse sich auf eine leichte Art erklären, wenn man auf die Höhlen und Spalten, die sich in den Gebirgen finden, Rücksicht nehme. Das in Dunst aufgelößte Wasser und die verschiedenen elastischen Flüssigkeiten, welche sich aus den unter der Erde brennenden Substanzen entbinden, dringen mit Gewalt in die Spalten ein und wirken gerade so, wie ein heftiger Wind; sie verursachen zugleich ein starkes Getöse,

und

und setzen alles, was ihrem freyen Laufe hinderlich ist, in Bewegung; der Stoß wird also da, wo die Spalte enger ist, stärker seyn, und sich mehr äußern, als an den Orten, wo sie weit ist. Daraus läßt sich erklären, warum alle Orte, welche in der geraden Richtung des Stoßes oder über derselben liegen, nicht auf gleiche Art erschüttert werden. Der Stoß werde übrigens um so mehr an Heftigkeit abnehmen, je mehr er sich von dem eigentlichen Feuerheerde entfernt, weil sich die Dünste, so wie sie durch diese kalten Gegenden gehen, verdichten werden. Auch könnten die Dünste noch in einer gewissen Entfernung vom unterirdischen Feuer brennen, wenn sie nicht Zeit genug gehabt hätten, sich abzukühlen, und sie werden daher, sobald sie mit der freyen Luft in Berührung kommen, in Flammen ausbrechen.

Aus allen diesen Thatsachen könnten wir nun folgende Schlüsse ziehen: 1. es giebt viele unterirdische Feuer, die uns ganz unbekannt sind, und die gewöhnlicher Weise ruhig brennen; wenn aber durch örtliche Umstände Gelegenheit gegeben wird, daß Wasser zu diesen Feuern gelangt, so wird die Flüssigkeit in Dünste verwandelt werden, und dann mehr oder weniger heftige Stöße und Erschütterungen zuwege bringen; 2. es giebt viele Spalten und Höhlen unter der Erde, welche sich ungemein weit erstrecken. Dergleichen Spalten kommen nur in Gebirgen der zweyten Art vor. Wirklich pflanzen sich auch immer die Erdbeben nur durch diese Gebirgslagen fort, und das Erdbeben zu Lissabon, das sich so außerordentlich weit erstreckte, beweißt, daß solche Spalten sehr weit und selbst unter dem Meere fortgehen. Auch habe man noch keine Beobachtungen gemacht, welche bewei=

beweisen könnten, daß Erdbeben in ursprünglichen Gebirgen statt gehabt hätten; indessen könnten diese Gebirge durch die Erschütterungen, welchen die an dieselben angrenzenden Gebirge der andern Art ausgesetzt gewesen sind, allerdings so bewegt worden seyn, daß man Stöße in denselben bemerkt habe. Bey der Zerstörung Calabriens blieben die Städte, die auf Granit erbauet waren, unversehrt stehen, indeß diejenigen, welche auf oder dicht an Steinlagen von der zweyten Art standen, umfielen und zertrümmert wurden. Die Wirkung solcher Erdbeben bestehe also darin, daß die Erdschichten, in welchen sich dieselben äußern, ihre Lage verändern und oft ganz umgekehrt werden.

Zuletzt bemerkt er noch, daß freylich so viel gewiß sey, daß wir die Kräfte dieser unterirdischen Dünste nicht ganz genau zu schätzen im Stande wären.

Woher das Meerwasser sein Salz erhalten habe, darüber hat man beständig verschiedene Meynungen gehabt. Verschiedene glaubten, das Meerwasser sey gesalzen erschaffen, oder das Salz werde in demselben erzeugt. Andere sind der Meynung, daß es auf dem Grunde Salzlager und Salzberge gebe, welche das Meer nach und nach auflöse. Ferner vermuthen Einige, daß im Meere, worin so viele Körper faulten, und in welches sich aller Unrath vom festen Lande durch die Flüsse ergösse, Salz durch einen uns noch unbekannten Mechanismus erzeugt werden könnte. De la Metherie [a]) macht sich hiervon folgende Vorstellung: nachdem das feste Land zum Vorschein gekommen sey, und lebende Wesen ihr Daseyn erhalten hätten, so haben sich auch an der Oberfläche

a) Theorie der Erde. aus d. Französ. Th. II. S. 306.

fläche der Erde sehr viele und verschiedene Salze (Meersalz, vitriolsaure und salpetersaure Salze) erzeugt, welche alsdann von den Wässern aufgelößt und ins Meer übergeführt wären; die salpetersauren Salze haben sich zerlegt, die Salze hingegen, welche Vitriol- und Kochsalzsäure in ihrer Mischung hatten, seyen geblieben, was sie waren, und das Meerwasser habe sich mehr oder weniger damit gesättigt, je nachdem das Klima wärmer oder kälter war. Lichtenberg zweifelt, ob überhaupt die Frage, woher das Meer sein Salz erhalte? wirklich einen vernünftigen Sinn habe. Das Meer nämlich erhalte kein Salz, sondern es behalte nur das, was es einmal habe. Es wäre also bloß die Frage, woher das Meer sein erstes Salz bekommen habe, und dieß gehöre zur Schöpfungs- und Bildungsgeschichte der Erde.

Durch die Bemühungen der Herren Dan. Bernoulli, Euler, Cavallerie und Mac-Laurin, wodurch sie die Gesetze der so regelmäßigen Bewegung des Meeres, der Ebbe und Fluth, bestimmt hatten, erhielt Newton's Theorie eine große Stütze. Indessen ergab doch die Vergleichung der Beobachtungen mit dieser Theorie eine auffallende Abweichung von letzterer, welche aber durch die Bemühungen der Herren Hube und la Place glücklich gehoben wurde. Herr Hube[b]) geht nur in einigen seiner Beobachtungen zu weit; denn er beschuldigt Newton und alle seine Nachfolger, daß sie bey Erklärung der Erscheinungen der Ebbe und Fluth den wahren Gesichtspunkt verfehlt hätten, indem hier nicht sowohl die Frage sey, woher es komme, daß das

b) Vollständ. und faßlicher Unterricht in der Naturlehre. B. III. 30 bis 32. Brief.

das Meer an einem Orte höher, an dem andern niedriger stehe? als vielmehr, welche Ursache so gewaltsame und so sonderbare Bewegungen in dem Meere hervorbringe? Nach Newton solle durch die vereinigte Wirkung der Sonne und des Mondes das Meer um 10, zuweilen höchstens um 12 Fuß höher stehen, als an den Orten, welche 90° davon entfernt sind. Würde eine so geringe Ungleichheit des Drucks in einer so ungeheuren Weite wohl merklich seyn, oder eine merkliche Bewegung im Meere hervorbringen können? Ueberdieß könne die Erhebung, welche sich Newton gedenke, nie zu Stande kommen, und die durch den verschiedenen Druck des Wassers gebildete Afterkugel sey ein bloßes Werk der Einbildung. Wenn die Erde sich nicht drehete, so gebe er zu, daß das Meer die Gestalt einer solchen Kugel annehmen würde; allein es würde gewiß sehr viele Zeit brauchen, ehe es sich in diese Gestalt setzen könnte, da aus dem höchst geringen Unterschiede des Drucks nur eine höchst schwache Bewegung im Meere entstehen könnte. Und dennoch muß das Wasser von unten an beyden Seiten durch 1350 Meilen fortfließen, um die gehörige Erhöhung unter der Sonne oder dem Monde zu bilden. Wie sey es aber möglich, daß diese Erhöhung jetzt zu Stande kommen könnte, da die Erde sich in 24 Stunden um ihre Achse drehe, da dasselbe Wasser, welches jetzt schwerer ist, wieder leichter werde, fast ehe es noch anfängt fortzufließen; da also jede anfangende Bewegung des Meers, ehe sie noch hat merklich werden können, wieder vernichtet werde? Mit einem Worte, das Meer habe wegen der Umdrehung der Erde um ihre Achse gar nicht Zeit, sich um die Erdkugel herum ins Gleichgewicht zu setzen; es könne also unmöglich eine Gestalt annehmen, die nur bey einem

voll-

vollkommenen Gleichgewichte aller seiner Theile statt finden würde.

Wenn man die Ursachen der Ebbe und Fluth gehörig erklären wolle, so müsse man nicht sowohl, wie Newton gethan habe, auf die Größe der Kräfte, mit welchen Sonne und Mond auf die Erde wirken, als vielmehr auf ihre Richtung sehen. Durch die Wirkung des Mondes und der Sonne entstehen nämlich auf der Erdoberfläche Tangentialkräfte, und diese seyen es eigentlich, durch welche die Ebbe und Fluth erzeugt werde. Wenn (fig. 62.) f die Erde, c ihr Mittelpunkt und in t die Sonne oder der Mond ist, so wird jeder Punkt der Oberfläche der Erde durch die Sonne oder den Mond, indem er von b nach e, oder von d nach a geht, beschleunigt, aber zwischen e und d, und zwischen a und b verzögert. Diese Tangentialkraft nun, mit welcher die Sonne oder der Mond jeden Punkt des Umfanges der Erde gegen e oder a zieht, ist in d, e, a, b $= 0$, und mitten zwischen diesen Punkten allezeit am größten.

Diese Kraft ist allenthalben auf die Richtung der Schwere senkrecht. Sie durchdringt die ganze Masse der Meere, und ist an jedem Orte der Erde, so wie die Schwere, bis auf den Grund des Meers sich selbst fast vollkommen gleich. Sie ist also eine der Schwere ähnliche Kraft, und ändert die Richtung derselben. Denn gesetzt (fig. 63.) ad zeige die Richtung und Größe der Schwere an irgend einem Orte der Erde und ab die Tangentialkraft der Sonne und des Mondes an, so wird nunmehr an demselben Orte die Richtung der Schwere nicht mehr nach ad, sondern nach der Diagonale ac des Parallelogramms abcd gehen, so lange sich daselbst die Kraft ab nicht ändert. Ist

nun

nun die in e verlängerte Linie ab die Horizontallinie desselben Orts und af auf ac senkrecht, so werden die Winkel fae und dac einander gleich, und af verhält sich zu fe wie ad zu ab, wenn ef auf af senkrecht ist, af ist eigentlich die Horizontallinie der neuen Schwere ac, und das Meer kann nicht in Ruhe seyn, als bis sich seine Oberfläche in dieser Linie befindet. Die alte Horizontallinie ac ist nunmehr eine geneigte Ebene, an welcher das Wasser durch seine eigene Schwere herabgetrieben wird.

Freylich ist diese Veränderung in der Richtung der Schwere so sehr klein, daß sie sich an keinem Bleylothe auf irgend eine Art bemerken läßt. Sie kann auch auf dem festen Lande keine einiger Maaßen merkliche Folgen haben; allein sie ist dennoch unstreitig im Stande, Meere, die groß und tief genug sind, zum Fließen zu bringen. Denn sollte auch die Neigung der Oberfläche des Meers nur den 15. oder 16. Theil von der Neigung des Amazonenflusses betragen, so würde doch schon eine merkliche Strömung entstehen müssen. Da nun der Fall des Amazonenflusses nach de la Condamine nur 1 Zoll auf 27000 Fuß beträgt; so verhält sich auch der sechszehnte Theil von $\frac{1}{27}$ Zoll $= \frac{1}{5184}$ Fuß zu 1000 wie 1 zu 5184000, und ungefähr in einem solchen Verhältnisse ist auch die Tangentialkraft des Mondes zur Schwere, welche mehrentheils noch durch die Kraft der Sonne verstärkt wird. Also verhält sich auch fe : af eben so, und die Neigung der Linie ac unter af ist folglich oft mehr als der 15te Theil der Neigung des Amazonenstroms.

Die Oberfläche der Gewässer auf der ganzen Erde erhält also durch die von der Sonne und dem Monde bewirkte Veränderung in der Richtung der Schwere eine

eine Neigung, von der einen Seite gegen e (fig. 62.), von der andern gegen a zu fließen, und diese ist hinreichend, große und tiefe Meere in eine merkliche Bewegung zu setzen. Wenn nämlich die Erde sich von b durch e und d dreht, so entsteht in den Wassertheilen bey b eine eigene und besondere Bewegung, die auch gegen e gerichtet ist, also von Westen nach Osten geht. Diese wird 6 Stunden lang und am stärksten mitten zwischen b und e beschleunigt. In e hört alle Beschleunigung auf, aber dennoch dauert die Bewegung noch nach derselben Richtung fort. Sie wird über e hinaus immer mehr verzögert, würde aber dennoch bis in d fortdauern, wenn sie nicht von b an durch allerley unvermeidliche Hindernisse beständig geschwächt würde; sie hört also schon in einem Punkte f auf, welcher von e, vermöge der Erfahrung, mehrentheils 30° entfernt ist. Hier ist das Meer am höchsten über die Horizontallinie ef erhoben, und es ist daselbst Fluth. Nun fängt das Wasser, indem es aus f weiter gegen d geht, an, abzufließen und rückwärts gegen e, also von Osten nach Westen, zu strömen. Diese Bewegung wird nach und nach immer mehr beschleunigt, bis endlich in d alle Beschleunigung aufhört. Aber dennoch dauert der Rückfluß eben so, wie vorher der Zufluß, noch durch etwa 30 Grad bis in g fort. Hier hört er auf, es ist daselbst Ebbe und das Wasser am niedrigsten unter dg. Von g fängt das Wasser an, gegen a zu fließen, es bildet hinter a eine zweyte Fluth in h, und da es von hier an wieder rückwärts fließt, so entsteht unter b eine zweyte Ebbe in k u. s. w.

Bliebe der Mond während der Umdrehung der Erde um ihre Axe beständig an einer Stelle, so wür-

den zwischen jeder Fluth und der nächsten Ebbe 6 Stunden verfließen, weil die Erde bey ihrer Umdrehung 6 Stunden Zeit gebraucht, um durch ed, da, u. s. zu gehen. Aber da unterdessen auch der Mond von Westen nach Osten, und zwar im Mittel um 13 Grad 10 Minut. 35 Sek., weiter fortrückt, so braucht der Punkt e an 24 Stunden 50 Minuten Zeit, um nach Einer Umwälzung der Erde wieder in die Linie lc zu kommen, welche die Mittelpunkte des Mondes und der Erde vereinigt. Da nun der Mond zur Bewegung des Meers bey weitem das meiste beyträgt, so müssen zwischen der Fluth des einen und der des folgenden Tages an jedem Orte im Mittel 24 Stunden 50 Minuten verfließen, und dieß stimmt auch mit der Erfahrung völlig überein.

Demungeachtet aber wird die Ebbe und Fluth durch die Wirkung der Sonne, nach Beschaffenheit ihrer Lage gegen den Mond, bald merklich verstärkt, bald merklich vermindert. Wenn der Mond in den Syzygien ist, wenn also Sonne und Mond in eben derselben geraden Linie le liegen, so wirken beyde Himmelskörper am meisten übereinstimmend auf die Erde. Die Wirkung des Mondes wird also durch die Sonne am meisten verstärkt, und Ebbe und Fluth sind alsdann am größten. Wenn aber der Mond in seinen Vierteln ist, und sich also irgendwo in der Linie bd, die Sonne aber in l befindet, so geschieht die Wirkung bloß mit dem Unterschiede ihrer Kräfte, und ist überhaupt am kleinsten. Denn indem der Mond z. B. das Wasser von e nach d treibt, zieht es die Sonne zugleich von d nach e. Also ist Ebbe und Fluth in den Mondvierteln am kleinsten, und rührt alsdann bloß vom Unterschiede derjenigen Kräfte her, die in den Syzygien vereinigt sind.

Das

Das in der Gegend der Fluth angehäufte Wasser würde immer fortfahren, zurückzufließen, wenn auch Sonne und Mond auf das Meer zu wirken ganz aufhörten. Es würde durch sein eigenes Gewicht sich hin und her bewegen, und noch einige Fluthen und Ebben machen, wovon die eine aber immer viel schwächer seyn würde als die andere, ehe es ganz in Ruhe käme. Hieraus ist leicht zu begreifen, daß die Höhe einer Fluth nicht bloß von der Größe der Kraft abhängt, durch welche sie erzeugt wird, sondern daß auch die nächstvorhergehenden Fluthen um desto mehr dazu beytragen, je größer sie sind. Vor dem Vollichte z. B. sind die Fluthen mittelmäßig, und am Tage des Vollichts groß. Nun nimmt zwar hierauf die Kraft, mit welcher das Meer bewegt wird, ab, aber Anfangs doch nur sehr wenig. Also werden die zwey gleich aufs Vollicht folgenden Fluthen gewöhnlich größer, als die eigentliche Fluth des Vollichts. Denn die Kraft bleibt bey allen diesen Fluthen fast gleich groß, und jede folgende folgt auf eine größere Fluth, als jede vorhergehende. Sobald aber die Kraft merklich abgenommen hat, werden auch die Fluthen kleiner. Auf eine ähnliche Art nehmen auch nach den Vierteln die Fluthen noch etwa durch anderthalb Tage immer ab, da jede der folgenden eine kleinere Fluth vor sich hat, als jede der vorhergehenden, und die Kraft in dieser Zeit fast gar nicht merklich zunimmt.

Die Springfluthen sind am größten, wenn der Mond in der Erdnähe, und am kleinsten, wenn er in der Erdferne ist. Denn der Mond wirkt überhaupt um desto stärker auf die Erde, je näher er ihr kommt.

Wenn der Mond zwischen den Syzygien und den Vierteln ist; wenn er sich in der Linie (fig. 64.) cl

oder cm befindet, die Sonne aber in f, und der Winkel lcf oder der Winkel mcf 45 Grad ist, so kömmt die Fluth von der einen Seite um mehr als eine Stunde später, und von der andern um mehr als eine Stunde früher an, als sie nach der mittleren Zeit ankommen sollte. Denn ist der Mond in l, so fängt er zwar schon an, das Wasser in n zu verzögern; allein die Verzögerung ist nahe bey n nur sehr gering. Hingegen wird dasselbe Wasser durch die Sonne noch immerfort beschleunigt, und zwar am stärksten in n mitten zwischen d und a. Da also um n herum die Kraft der Sonne größer ist, als die des Mondes, so dauert auch die Bewegung des Wassers gegen a zu wirklich länger als gewöhnlich; und die hohe Fluth, die sonst in f gewesen seyn würde, erfolgt erstlich in g, dagegen ist von der andern Seite die Fluth schon in i, die ohne die Wirkung der Sonne erst in h gewesen seyn würde.

Ueberhaupt wird die Zwischenzeit der Fluthen von a bis e, und zwischen b und d durch die Wirkung der Sonne verkürzt, aber zwischen e und b, wie auch durch da, verlängert. Nahe an a und b pflegen die verkürzten Zwischenzeiten 24 Stunden 35 Minuten, und nahe an d und e die verlängerten 25 Stunden 25 Minuten zu seyn, anstatt daß im Mittel jede Zwischenzeit 24 Stunden 25 Minuten halten sollte. Indessen sind die Verkürzungen und Verlängerungen am stärksten in n und o, wie auch mitten zwischen e und b und zwischen b und d.

Die Zeit der Fluthen hängt ohnstreitig auch zum Theil von der Beschaffenheit der Meere ab. In dem Ocean des heissen Erdstrichs erfolgt mehrentheils die Springfluth $2\frac{1}{4}$ Stunde nach dem Durchgange des Mon-

Mondes durch den Meridian, und sie ist mitten im Meere nicht über 2 bis 3 Fuß hoch. Giebt es nun Striche, wo die Meere wenig tief sind, und wo häufige Klippen und Ungleichheiten des Bodens die Bewegung des Wassers sehr schwächen, so müssen daselbst die Fluthen nur geringe seyn, und zeitiger ankommen, als anderwärts, weil das Wasser seine Bewegung eher verliert. Unfehlbar findet dieser Fall auf dem stillen Meere bey Taiti statt, wo die Springfluthen nur 1 Fuß hoch sind, und $\frac{1}{2}$ Stunde eher ankommen, als der Mond durch den Meridian geht.

Wenn auch gleich bey dieser Erklärung der Fluthen mitten im großen Meere unter dem Aequator angenommen worden ist, daß die Sonne oder der Mond in der Ebene dieses Kreises sich befinde, so ändert dieß doch in der Hauptsache nichts, weil sich beyde von dieser Ebene nicht weit entfernen.

Nach Newton und der gemeinen Theorie sollten die Fluthen um den Aequator viel größer seyn, als anderswo. Allein die Erfahrung widerspricht diesem Satze so laut, daß Herr Hube diesen Widerspruch für die bündigste Widerlegung jener Theorie hält. Es giebt zwar in dem heißen Erdstriche Küsten, wo die Fluth auf 6 bis 8 Fuß und wohl höher steigt; allein diese außerordentliche Höhe hat unfehlbar in der besondern Lage der Küsten ihren Grund. Sonst sind mitten in den Meeren dieses Erdstrichs, nach dem einhelligen Zeugnisse der glaubwürdigsten Reisenden, selbst die größten Fluthen nie höher, als 1 oder 2 bis 3 Fuß. Hierüber haben wir Beobachtungen von der Insel St. Helena, von den philippinischen und moluckischen Inseln, von Martinique, von Taiti, von Guinea unter dem 4. Grad nördlicher

Breite und von vielen andern Gegenden. Herr le Gendil, Herr Adanson, Herr Deverdün und viele andere Seefahrer bekräftigen diese Wahrheit, und selbst am Vorgebirge der guten Hoffnung steigt die Fluth nur höchstens auf 3 Fuß.

Kömmt man aber nach Norden zu in den gemäßigten Erdstrich, so findet man die Höhe der Fluthen vermehrt. Bey den kanarischen Inseln, etwa unter dem 30. Grade der Breite, steigen die Springfluthen auf 7 bis 8 Fuß; an den Küsten von Marokko und denen von Spanien vor der Meerenge von Gibraltar bis an das Vorgebirge St. Vincent, also etwa bis auf 37. Grad Breite, auf 10 Fuß; an den Küsten von Portugall und Spanien, bis auf etwa 43. Grad Breite, auf 12 Fuß; vom Vorgebirge Finisterrá bis zum Ausflusse der Garonne, also bis etwa an 46. Grad Breite, auf 15 Fuß; bey der Insel Rhée und bis zum 48. Grad Breite auf 18 Fuß; in der Bay, worin St. Malo liegt, also unter 48. bis 49. Grad Breite, auf 20 bis 25 Fuß und höher. Nun fangen die Fluthen an der Küste der Normandie wieder allmählig an, abzunehmen, und werden bis gegen den Pol zu immer kleiner, sind aber selbst in der Hudsonsbay, in der Baffinsbay und in der Höhe von Spitzbergen noch immer sehr merklich und oft viel größer, als selbst unter dem Aequator.

Die sehr große Höhe der Fluthen in dem Eingange des Kanals, an den Küsten der großen Bucht von St. Malo, kann zum Theil von der Lage der Küsten herrühren; aber dennoch kann ihre ganz regelmäßige Zunahme vom Aequator an keinen zufälligen Umständen zugeschrieben werden. Es scheint vielmehr ausgemacht zu seyn, daß die Fluth im atlantischen Ocean

Ocean zwischen dem 40. und 50. Grad Breite überhaupt am größten ist, und von da an gegen den Pol von einer, und gegen den Aequator von der andern Seite immer mehr abnimmt. Selbst an den schottischen und irischen Küsten steigt sie fast überall auf 18 Fuß. In der südlichen Hälfte der Erdkugel scheint eben dieses Gesetz statt zu finden; wenigstens erhebt sich nahe an der magellanischen Meerenge die Fluth bis auf 20 oder 25 Fuß.

Nach der gemeinen Theorie der Ebbe und Fluth läßt sich diese Erscheinung gar nicht erklären, sie kann aber nach den eben angeführten Gründen so eingesehen werden: man stelle sich (fig. 65.) den Mond l in der Ebene des Aequators e, und in irgend einem Parallelkreise d einen Punkt a vor; c sey der Mittelpunkt, n ſ die Axe der Erde, und ab auf der Ebene des Aequators senkrecht, so sieht man leicht, daß die nach al gerichtete Kraft, womit der Mond den Punkt a anzieht, in zwey andere Kräfte, die eine nach ab, die andere nach bl oder am, aufgelößt werden kann. Mit der letztern, deren Richtung allezeit mit bl parallel ist, zieht der Mond den Kreis d völlig eben so, als wenn er in m, in der Ebene des Kreises d läge, nur daß seine Ziehkraft um desto schwächer wird, je größer ab ist. Also werden die Meere im Parallelkreise d völlig eben so, wie im Aequator, nur mit schwächern Kräften, von Westen nach Osten, oder von Osten nach Westen getrieben. Die Kraft nach ab aber muß in eine nach c gerichtete af, und in eine Tangentialkraft ag zerlegt werden. Die erstere vermehrt die Schwere in a, durch die zweyte aber wird das Wasser aus a gegen den Aequator getrieben. Diese letzte ist unter einer Breite von 45 Gra-

den am größten. Die im Parallelkreise d strömenden Wasser werden also beständig gegen den Aequator zu getrieben, und zwar am stärksten unter einer Breite von 45 Grad. Wenn daher etwa 30 Grad vom Monde die strömenden Wasser von einem Pole n bis zum andern f auf dem Meridiane n a f einen Wasserberg bilden, so ist dieser unter einer Breite von 45 Grad am größten. Jedoch gilt dieses nur in dem Falle, da Sonne und Mond sich im Aequator befinden. Wegen der Abweichung aber, die beyde Gestirne mehrentheils haben, lassen sich die Punkte der stärksten Fluthen so genau nicht bestimmen. Indessen kann man doch sagen, daß sie zwischen dem 40ten und 50ten Grad Breite fallen müssen.

Es giebt noch einen andern Umstand, wodurch sich die Fluthen außer dem Aequator von denen unter ihm unterscheiden. Wenn nämlich der Mond eine gewisse Abweichung hat, so fallen die Punkte h und i, die eben so weit vom Monde entfernt sind, und also auch eben so stark angezogen werden, als der Mittelpunkt der Erde c, nie in einen Durchmesser ihres Parallelkreises, sondern bey den Bogen hdi und hoi ist immer einer kleiner oder größer, als der andere. Dieser Unterschied nimmt gegen die Pole immer mehr zu, und er verursacht, daß die zwey nächsten Fluthen, die sich in beyden Bogen bilden, einander allezeit ungleich sind. Ihre Ungleichheit kann so weit gehen, daß die eine Fluth bey einer hohen Breite von etwa 60 Grad und darüber oft ganz unmerklich wird, und daß also das Meer in 24 Stunden nur einmal fluthet. Schon an den französischen Küsten sind aus dieser Ursache die Springfluthen im Sommer bey Tage merklich höher und

im

im Winter merklich niedriger, als bey der Nacht. Dasjenige, was der einen Fluth abgeht, wächst gleichsam der andern zu, und die Tagesfluthen würden nahe an den Polen im Sommer lange so groß nicht seyn, als sie wirklich sind, wenn die Nachtfluthen nicht sehr klein oder gar unmerklich wären.

Wenn die Fluthen großer und tiefer Meere, indem sie sich den Küsten nähern, genöthigt sind, sich in engen Durchgängen zusammen zu drängen, so wird ihre Bewegung oft sehr stark beschleunigt, so wie auch Ströme schneller fortfließen, wenn ihr Bett sich verengt. Stoßen sie nun zuletzt mit einer so vermehrten Geschwindigkeit an die Küsten, ohne daß sie an ihnen zur Seite abfließen und sich ausbreiten können, so erheben sie sich so lange, bis sie ihre ganze Bewegung verlieren, und fließen hierauf denselben Weg wieder zurück, welchen sie gekommen sind. Sie erheben sich alsdann desto höher, je größer die Geschwindigkeit war, mit welcher sie an den Küsten anstießen, und steigen deshalb oft auf eine ungemeine Höhe. Dieser Fall scheint unter andern bey St. Malo statt zu finden, wo die Fluth zuweilen bis auf 80 Fuß und höher steigt. Ueberhaupt werden die Fluthen des atlantischen Meeres, indem sie sich in dem Kanale zusammendrängen, beschleunigt, und da sie von Nordwesten herkommen, so stoßen sie vorzüglich auf die französischen Küsten, und erheben sich daher an diesen auch höher, als an den englischen.

In den kleinern Meeren kann, wenn sie entweder von Osten nach Westen wenig ausgedehnt, oder auch wenn sie seicht sind, keine merkliche Ebbe und Fluth entstehen, obgleich der Mond und die Sonne in ihnen oft Bewegungen hervorbringen, die aber zu

schwach sind, um mitten auf den Meeren merkliche Erhebungen zu verursachen. Bloß hier und da in einigen Buchten an den Küsten, wo das bewegte Wasser stark zusammengedrängt wird, bemerkt man ein geringes Steigen und Fallen desselben. So verhält sich die Sache mit dem mittelländischen, dem schwarzen, dem baltischen Meere u. s. w. Haben dergleichen Meere mit großen und tiefen Meeren Gemeinschaft, welche fluthen, so kommt alles auf die Weite und Beschaffenheit der Meerengen an, welche zwischen ihnen sind. Das mittelländische Meer z. B. ist sehr breit, und hat bey Gibraltar eine schmale Meerenge. Das fluthende Wasser des atlantischen Meeres wird in dieser zwar beschleunigt, da es aber gleich darauf sich nach allen Seiten verbreiten kann, so verliert es in kurzer Zeit fast seine ganze Bewegung, und kann sich daher an den Küsten nicht merklich erheben. Eine ähnliche Bewandtniß hat es mit der Ostsee. Das rothe Meer hingegen hat bey Babelmandel eine an 10 deutsche Meilen breite Meerenge, ist also sehr offen und dabey schmal. Daher behalten die eintretenden Fluthen ihre Höhen und Geschwindigkeiten bey, indem sie durch dieses Meer heraufsteigen.

Wenn Flüsse sich in Meere ergießen, welche fluthen, so steigt die Fluth zwar langsam, aber dennoch oft bis auf eine große Weite in ihnen herauf, weil das fluthende Meer ihre Oeffnung gleichsam verstopft, und dadurch das Wasser aufstauet. So müssen oft auch große Seen, wenn sie gleich auch weit sind, einer merklichen Ebbe und Fluth unterworfen seyn, wenn sie durch Straßen oder Meerengen einen starken Abfluß in große und fluthende Meere haben. Dieser Fall scheint unter andern bey der Hudsons-

und

und Baffinsbay in Amerika statt zu finden. Indessen läßt sich von den besondern Erscheinungen der Ebbe und Fluth in gewissen Gegenden der Erde wenig Zuverlässiges sagen, weil uns sichere Nachrichten von den Umständen fehlen, aus welchen sie erklärt werden müssen.

So werden die Totalkräfte, mit welchen Sonne und Mond die Meere bewegen, ungemein ansehnlich, ungeachtet ihre Elementarkräfte so außerordentlich klein und unbeträchtlich sind, bloß weil die Dichtigkeit und Masse der bewegten Meere so groß ist. Die Geschwindigkeit der fluthenden Wasser ist nach dem Zeugnisse aller Reisenden mitten auf dem Ocean wenig merklich, und vielleicht im Mittel kaum 2 bis 3 Fuß in einer Sekunde. Denn wenn in kleinen Meeren die Fluthen, welche daselbst nicht entstehen, sondern nur aus dem Ocean herbeygetrieben werden, viel geschwinder fortgehen, so kömmt dieses bloß daher, daß eine ungeheure Wassermenge einer viel kleinern ihre Bewegung mittheilt, und daß diese jener nicht anders ausweichen kann, als indem sie sehr schnell fortgeht. Wenn also auch der Mond und die Sonne der Atmosphäre der Erde mit denselben Elementarkräften eine gleiche Geschwindigkeit von 2 bis 3 Fuß beybrächten, so würde dennoch diese unstreitig ganz unmerklich seyn. Allein selbst jene geringe Geschwindigkeit erzeugt sich nur sehr langsam nach und nach in dem ruhigen Meere, und kann also in der Atmosphäre, wo beständig Winde herrschen, gar nicht einmal zu Stande kommen. Ueberdieß ist die Luft dem Wasser sehr unähnlich. Dieses wird im Großen nur durch seine Schwere bewegt; in der Luft aber ist die Federkraft eine unendlich wirksamere Ursache der heftigsten Bewegungen, als die Schwere. Die Atmosphä-

mosphäre ist mit einer Wassersäule von etwa 30 Fuß Höhe im Gleichgewicht. Nimmt man an, daß der Ocean im Mittel 6000 Fuß tief ist, und diese Tiefe ist vielleicht noch zu klein, so sieht man leicht, daß die Totalkraft, womit Sonne und Mond die Atmosphäre bewegen, kaum $\frac{1}{200}$ von der auf die Meere verwendeten Totalkraft ist. Daher kann auch die mit dieser Kraft bewirkte Veränderung in der Luft unmöglich bemerkbar seyn. Und was vollends die Abnahme der Schwere der Atmosphäre betrifft, wie wäre es möglich, sie zu bemerken, da sie kaum ein Fünfmilliontheilchen der ganzen Schwere ausmacht? Alles also, was Einige von den großen Einwirkungen des Mondes auf unsere Atmosphäre und von der darin erregten Ebbe und Fluth sagen, beruht auf Vorurtheilen.

Herr Hube scheint Newton und die großen Männer, Euler, Bernoulli, Mac-Laurin u. and. zu beschuldigen, daß sie bey ihren oft weitläuftigen Berechnungen über Ebbe und Fluth keinesweges auf die Umdrehung der Erde um ihre Axe gesehen, sondern sie ganz allein für die stillstehende Erde, für den Stand des Meeres gegen den Mond, nicht aber für seine Bewegung gemacht hätten. Allein Herr Fulda [c]) bemerkt ganz richtig, daß dieß keinesweges der Fall gewesen wäre. In seinen Bemerkungen über Hube's Erklärung der Ebbe und Fluth sagt er: stellt man sich, da die Kraft des Mondes nur auf die Verschiebbarkeit der Wassertheilchen an einander zu wirken vermag, um die Erscheinung im Ganzen hinreichend erklären zu können, die Erde als eine mit Wasser umgebene Kugel, und den Mond in

c) Grens neues Journal der Physik. B. IV. S. 28. f.

in der Ebene ihres Aequators vor, wie auch Herr Hube gethan, so werden, da die Distanz des Mondes von dem Mittelpunkt der Erde ungefähr 60 Erdhalbmesser beträgt, diejenigen Punkte des Aequators, welche nur 59 Erdhalbmesser von dem Monde entfernt sind, ihn also ungefähr in ihrem Zenith haben, am stärksten, diejenigen Punkte des Aequators hingegen, welche 61 Erdhalbmesser von dem Monde entfernt sind, denen er also ungefähr im Nadir steht, am schwächsten angezogen; daher wird das Wasser in den erstern sich erheben, in den leztern aber gegen die erstern zurückbleiben, folglich sowohl in diesen als jenen eine Fluth, und in denen zu beyden Seiten 90° von ihnen entfernten Punkten, welchen durch diese Erhebung das Wasser entzogen wird, eine Ebbe entstehen.

Hiebey ist nun bloß auf die Verminderung und Vermehrung der Schwere der Wassertheilchen gegen den Mittelpunkt der Erde durch den Mond Rücksicht genommen, und nur die Frage beantwortet, warum das Meer unter dem Aequator an dem einen Orte höher, an dem andern niedriger stehe? Dieses ist aber auch nur die einfachste Vorstellung, welche man sich von dieser Sache machen kann, und welche man gewöhnlich giebt, um zu zeigen, wie man sich in der Kürze von dem Erfolg dieser Erscheinungen aus der Wirkung des Mondes auf die Erde überzeugen könne. Keinesweges aber ist die Beschuldigung des Herrn Hube gegründet, daß Newton, und noch viel mehr die eben genannten Herren, bey dieser Vorstellung allein geblieben wären, und keine andere Kräfte, welche bey Umdrehung der Erde um ihre Axe dieser Bewegung des Meeres hinderlich oder beförderlich sind, in Betrachtung gezogen hätten.

Herr

Herr Fulda sucht die gemeine Meynung mit der des Herrn Hube auf folgende Art zu vereinigen:

1. Es sey (fig. 66.) adbe der Aequator der Erde, l der Mond in dessen Ebene. Die Erde drehe sich um ihre Axe nach der Richtung eadb, und m sey irgend ein Punkt oder ein Wassertheilchen unter dem Aequator, welches nach den Gesetzen der Schwere von l nach der Richtung lm, und von c nach der Richtung mc im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen angezogen wird. Diese Kraft nach ml löse man in zwey andere mp, mg, die Kraft nach der Richtung mc aber in mp, mf auf; so wird von den beyden letztern mg, mf, die eine durch die andere vermindert, daraus folgt eine geschwächte Kraft mh. Die beyden erstern mp aber wirken zugleich nach einerley Richtung, und geben eine verstärkte Kraft mn. Die mittlere mt dieser Kräfte mh, mn, ist nun eigentlich diejenige, die das Gleichgewicht, in welchem der Punkt m gegen die übrigen steht, aufhebt; und diese giebt eine Tangentialkraft mq, und eine Veränderung in der Schwere mr, auf welche beyde unser Augenmerk allein gerichtet seyn muß.

2. Dieser Zerlegungsart der auf den Punkt m wirkenden Kräfte bediente sich Euler, und es ist leicht zu erachten, daß diese als Schwerkräfte auf ihn wirken müssen, er mag in Ruhe oder durch eine andere Kraft bereits in Bewegung gesetzt seyn. Euler findet die Tangentialkraft, welche V heiße, wenn die Distanz des Mondes von dem Mittelpunkte der Erde $cl = a$, die anziehende Kraft des Mondes gegen die Erde $= ſ$, und $cp = x$, $cm = y$ ist,

V =

$$V = \frac{3fxy}{a^3\sqrt{(x^2+y^2)}}$$

die Veränderung der Schwere mr, welche W heiße:

$$W = \frac{f(y^2-2x^2)}{a^3\sqrt{(x^2+y^2)}}$$

3. Wenn man den Winkel $mca = \alpha$, und den Halbmesser der Erde $mc = r$ setzt, so erhält man $x = r.\sin.\alpha$, $y = r.\cos.\alpha$, mithin

$$V = \frac{3rf}{2\alpha^3}.\sin.2\alpha$$

$$W = \frac{rf}{\alpha^3}(3\cos.\alpha^2 - 2)$$

4. Die erstere, oder die Tangentialkraft V ist es nun, welche die Schwungkraft stört, welche der Punkt m bey seiner Umdrehung um den Mittelpunkt c hat, und welche derjenigen, die die Variation des Mondes bewirkt, vollkommen ähnlich ist, wie leicht erhellet, wenn man sich in c die Erde, in l die Sonne, in m aber den Mond in seiner Bewegung um die Erde vorstellt; und diese Kraft ist es, welcher Herr Hube allein das Vermögen zuschreibt, das Meerwasser in Bewegung zu setzen, also Ebbe und Fluth hervorzubringen, da hingegen Euler auf die Verbindung beyder Kräfte Rücksicht nahm, und daraus die Höhe, zu welcher das Wasser erhoben wird, berechnet. Betrachtet man nun aber, da Herr Hube nur einer dieser Kräfte gedenkt, jede für sich allein, so entsteht die Frage, welche das meiste zu einer regelmäßigen Bewegung im Meere beytrage?

5. Diese beyden Kräfte ändern sich, indem der Punkt m nach der Richtung eadb um c läuft, und der

der Winkel mce oder der Bogen em $= \alpha$ sich ändert, und zwar ist

a. die Tangentialkraft $V = 0$, wenn

$$\left.\begin{array}{l}\alpha = 0 \\ \alpha = 90^\circ \\ \alpha = 180^\circ \\ \alpha = 270^\circ\end{array}\right\}$$ oder wenn m in e, a, d und b ist;

hingegen ist V in der Mitte zwischen diesen Punkten allezeit am größten; $V = \frac{3rs}{2\alpha^3}$. Zwischen e und a, und d und b ist V positiv, daher wird daselbst die eigenthümliche Schwungkraft vermehrt. Zwischen a und d, und d und b aber ist V negativ, daher wird daselbst die Schwungkraft vermindert.

b. Die Schwerkraft W, die der Mond bewirkt, ist $= 0$, wenn
$3 \cos. \alpha^2 = 2$, also
$\cos. \alpha = \sqrt{\frac{2}{3}} = 0{,}81649 \ldots$ oder wenn

$$\left.\begin{array}{l}\alpha = 35^\circ\ 16' \\ \alpha = 144^\circ\ 44' \\ \alpha = 215^\circ\ 15' \\ \alpha = 324^\circ\ 44'\end{array}\right\}$$ ist

An diesen Stellen also wird die eigenthümliche Schwere der Wassertheilchen gar nicht gestört. Diese Schwere ist aber auch negativ am größten, $W = -\frac{2rs}{\alpha^3}$, wenn $\cos. \alpha = 0$, also

$$\left\{\begin{array}{l}\alpha = 90^\circ \\ \alpha = 270^\circ\end{array}\right\}$$ ist, oder in a und b, wo daher die Schwere der Wassertheilchen gegen den Mittelpunkt c vermindert wird. Und diese Schwe-

re

re ist endlich positiv am größten, $W = \frac{rs}{\alpha^3}$, wenn cos. $\alpha = 1$; also $\begin{cases}\alpha = 0\\ \alpha = 180^\circ\end{cases}$ ist, oder in e und d, wo daher die Schwere der Wassertheilchen gegen den Mittelpunkt c vermehrt wird.

6. Setzt man die eigenthümliche Schwere unter dem Aequator $= 1$; so ist die Schwere

in e und d $= 1 + \frac{rs}{\alpha^3}$

in a und b $= 1 - \frac{2rs}{\alpha^3}$

---

ihr Unterschied $= \frac{3rs}{\alpha 3}$, oder da $r = 1$, und $x = 60$ ist, so beträgt er $\frac{1}{72000}$ der anziehenden Kraft des Mondes gegen die Erde, welches freylich nur geringe ist, doch aber als eine successive Wirkung von e bis a, und von d bis b immer einiges zur Bewegung des Wassers beytragen mag. Daß aber Euler die Schwäche dieser Kraft sehr wohl gefühlt habe, beweißt dieß, daß er sie bey der Bestimmung der durch diese Kräfte gebildeten Gestalt der Erde ganz aus der Acht ließ, und nur die eigenthümliche Schwere mit der geänderten Schwungkraft verglich.

7. Leitet man die Fluthen allein aus der ersten Kraft her, so ist die größte Kraft, die sie bewirkt: $V = \frac{3rs}{2\alpha^3}$. Werden aber die Fluthen allein aus der zweyten Kraft hergeleitet, so ist die größte Kraft,

 W =

$W = -\frac{2rs}{\alpha^3}$, nur in so fern negativ, als sie der Schwere gegen c entgegenwirkt.

Demnach verhalten sich diese beyden größten Kräfte = 3 : 4. Daher ist die leztere um $\frac{1}{4}$ stärker als die erstere. Da aber die Schwungkraft selbst nur $\frac{1}{289}$ der Schwere ist, so wird eine, obgleich geringere, Veränderung in ihr weit auffallender, als eine Veränderung in der Schwere seyn, und dieß giebt unstreitig der Meynung des Herrn Hube ein Hauptgewicht.

8. Bisher wurden bloß die Größen dieser Kräfte, mit welchen der Mond auf die Wassertheilchen wirkt, und ihre Richtungen unter einander verglichen. Nimmt man nun auch auf die Zeit Rücksicht, in welcher diese Kräfte ihre größten Wirkungen äußern, so sieht man leicht, daß, wenn man die Ebbe und Fluth bloß aus der ersten Kraft, wie Herr Hube, herleitet, die größte Fluth in der Mitte zwischen c und a, und zwischen d und b, wo die Beschleunigung am größten ist, also da m zu seinem Umlaufe 24 Stunden braucht, 3 Stunden eher erfolgen müßte, als der Mond durch den Mittagskreis geht. Leitet man hingegen diese Erscheinung allein aus der zweyten Kraft her, so muß die größte Fluth in demselben Zeitpunkt erfolgen, da der Mond durch den Mittagskreis geht. Eben diese Bewandniß hat es mit der Ebbe in d und c. Nun ist es eine allgemein bekannte Beobachtung, die Herr Hube selbst erwähnt, daß diese größten Fluthen in dem Ocean des heißen Erdstrichs erst $2\frac{1}{4}$ Stunde nach der Culmination des Mondes erfolgen, und diese Erscheinung wird sehr natürlich einer Verspätung der Wassertheilchen, einem Aufwand zugeschrieben, den die Kraft des Mondes

des auf Ueberwindung der Trägheit wenden muß. Sollte diese Trägheit eine Verspätung von $5\frac{1}{2}$ Stunden verursachen, und nicht einer geringen Wirkung fähig seyn, da nur geringe Kraft zur Verschiebung der Wassertheilchen an einander erfordert wird, und sollte nicht dieses beweisen, daß man den wahren Gesichtspunkt nicht gänzlich verfehlt, wenn man mit der Schwungkraft auf die Schwere zugleich Rücksicht nimmt, indem die zunehmende Verminderung der Schwere zur Beschleunigung der Schwungbewegung von e bis a beyträgt?

9. Da Herr Hube sagt, das Meerwasser müßte, wenn man nämlich die Ebbe und Fluth nach der alten Meynung erkläre, von unten an beyden Seiten durch 1350 geographische Meilen fortfließen, um die gehörige Erhöhung unter dem Monde zu bilden, und wie es möglich sey, daß diese Erhöhung jetzt zu Stande kommen könnte, da sich die Erde in 24 Stunden um ihre Axe drehte? so könnte Mancher hieraus schließen, die ältern Naturforscher hätten sich vorgestellt, das Meerwasser schieße täglich in Zeit von 6 Stunden von e und d bis a durch 1350 geographische Meilen vor, bloß durch die Anziehungskraft des Mondes getrieben, und bilde alsdann durch seinen Zusammenfluß in a diese Erhöhung von 10 bis 12 Fuß unter dem Monde. Dieses könnte ganz irrige Begriffe von der Newton'schen Erklärung der Ebbe und Fluth verschaffen. Daß aber diese mit jenem Gedanken gar nicht zusammenhängt, beweisen obige von Eulern gefundene Formeln sehr deutlich, deren erstere, die Herr Hube allein gebrauchte, die Richtung der Schwere wirklich ändert, die zweyte aber diese in ihrer Richtung geänderte Schwere ei-

nes Punkts m, indem er von e bis a in seiner Bewegung um c geht, nach und nach immer mehr vermindert, daher auch seine eigenthümliche Schwungkraft von e bis a nach und nach vermehrt, bis sie in a am größten wird, woraus nothwendig in a sich das Wasser allmählig erheben, und wenn m gegen d über a hinausgeht, diese Erhöhung sich nach und nach nicht nur verlieren, sondern, indem die Schwere gegen d hin vermehrt und die Schwungkraft vermindert wird, das Wasser sogar in seiner Bewegung zurückgehalten werden muß.

10. Auf diese Art tragen beyde Kräfte zu dieser merkwürdigen Erscheinung bey, und es ist daher ganz ungerecht, wenn Herr Hube den Herren Euler, Bernoulli u. a. einen Verfehl des wahren Gesichtspunkts beschuldigt. Die durch diese Kräfte gebildete Afterkugel unserer Erde, welche Herr Hube für ein bloßes Werk der Einbildung hält, ist freylich auch nichts anders, und der Weg, sie zu bestimmen, eine bloße speculative Untersuchung, welche, wenn sie wenigstens auf dem Wege angestellt würde, welchen Euler und Mac-Laurin befolgten, noch immer ihren sehr großen Nutzen stiftete. Daß es sich damit wirklich nicht so verhält, scheint gar keiner Widerlegung zu bedürfen, genug, daß es sich so damit verhalten würde, wenn die Erde auch bey Umdrehung um ihre Axe eine vollkommene und ganz mit Wasser umflossene Kugel wäre, ob sich gleich hier wiederum die eigene Beschaffenheit dieser flüssigen Materie mit hinein mischte. Die Afterkugel muß immer die Basis bey dieser Betrachtung bleiben, so wie die Ellipse selbst bey so leichten Körpern, als die Kometen sind, immer die Basis bleibt, ob es gleich nicht

bloß

bloß wahrscheinlich, sondern wohl gewiß ist, daß wegen der Menge von Störungen kein einziger in einer Ellipse geht.

11. Daß auch Mac-laurin eben den Gedanken von dem Einflusse des Mondes auf die Schwungkraft des Wassers hatte, beweißt diese Stelle in sect. IV. seiner Preisschrift: ob motum terrae diversa est ratio aestus maris. Hinc enim aqua nunquam fit in aequilibrio, sed perpetuis motibus agitur. Dum aquae moles revolvitur motu diurno, augentur vires, quibus, ascensus ejus promovetur in transitu aquae a locis d et e ad a et b, et in his locis evadunt maximae; ascensus tamen aquae prorogari videtur, postquam hae vires aequipollent viribus, quibus deprimitur infra altitudinem, quam naturaliter obtineret, si nulla vi extranea motus aquae perturbaretur; adeo ut motus aquae considerari posset tanquam libratorius, et tantundem fere ascaudat viribus, quibus elevatur, decrescentibus, quam iisdem crescentibus. . . . . . Auch dieser Mann hat also den wahren Gesichtspunkt nicht verfehlt, ob er gleich zuvor die Möglichkeit der Bildung der stillstehenden mit Wasser umgebenen Erde in eine Afterkugel auf eine sehr scharfsinnige Art erwiesen hat.

12. Selbst Newton verglich die Bewegung des Meeres mit der des Mondes in einem Corollar. der allgemeinen Auflösung der Aufgabe von drey Körpern, auf welches er sich in der Folge unter der Aufschrift: fluxum et refluxum maris ab actionibus solis et lunae oriri debere, unbedingt beruft, mit diesen Worten: fingas jam globum corporis c ex materia non fluida constantem ampliori et extendi usque ad hunc annulum (adbe), et alveo per circui-

 tum

tum excavato continere aquam, motuque eadem periodico circa axem suum uniformiter revolvi. Hic liquor per vices acceleratus et retardatus in Syzygiis velocior erit, in quadraturis tardior quam superficies globi, et sic fluet, in alveo refluetque ad motum maris &c. Er betrachtete also jedes Wassertheilchen als einen Trabanten der Erde, der in seiner Bewegung um ihren Mittelpunkt eben denselben Anomalien unterworfen ist, welche sich bey dem Monde zeigen.

13. Was die Erscheinung der Ebbe und Fluth unter dem Parallelkreise, und die Beobachtung anbetrifft, nach welcher die Fluthen in beyden Hälften der Erdkugel zwischen dem 40. und 50ten Grad Breite am allergrößten sind, so war diese Euler'n so wenig, als wohl überhaupt einem ältern Naturforscher bekannt, da er sagt: in regionibus autem ab aequatore remotis invenimus magnitudinem aestus tenere rationem duplicatum cosinuum elevationis poli, unde sub elevatione poli 45° magnitudinem aestus circiter duplo erit minor, quam sub ipso aequatore, cujus veritas in locis a littoribus aliquot milliaria remotis per experientiam eximie comprobatur. Nach der gemeinen Theorie wäre sie auch eben so wenig als die unter dem Aequator zu begreifen. Da aber die gemeine Meynung mit der des Herrn Hube sehr wohl übereinstimmt, so wird jeder, dem die Erscheinung aus dieser begreiflich wird, sie eben so gut aus jener abzuleiten wissen. Uebrigens scheint sich auch die Theorie des Herrn Hube nicht zu bestätigen, wenigstens viele Umstände sich einzumischen, wenn die Fluth am Vorgebirge der guten Hoffnung nur höchstens auf 3 Fuß, und schon an der magellanischen Meerenge auf 20–25 Fuß steigen soll, da doch die Lage beyder Orte kaum

Grad südlicher Breite verschieden ist, um so mehr, as Vorgebirge der guten Hoffnung eben so weit it, als die magellanische Meerenge diesseit des n Grades der Breite liegt, also die Fluth an bey- Orten ungefähr gleich seyn sollte.

Bey alle dem wollten aber doch alle bisherige orien über die Ebbe und Fluth mit den Beob- ingen nicht genau zusammenstimmen, und gleich- l konnte man mit Grund vermuthen, daß New- 's Theorie von der Erscheinung der Ebbe und h eben so gut Rechenschaft geben würde, wie von Bewegungen der Himmelskörper. Herr la Place, zt über diesen wichtigen Gegenstand, untersuch- hn von neuem. Er bemerkt zuerst, daß der g von Newton's Schlüssen nicht befriedigend und außerdem dem Resultat einer genauen Ana- widerspreche. Auch die von der Akademie der senschaften zu Paris gekrönten Preisschriften hät- ey ihren Entwickelungen der Newton'schen Theo- wie Newton selbst, angenommen, daß das r unter der Einwirkung der Gestirne, welche es ehen, in jedem Augenblicke im Gleichgewichte sey. n könne aber sehr leicht erkennen, daß die Ge- indigkeit der Umdrehungsbewegung der Erde die äßer, welche sie bedeckten, verhindere, jeden Au- lick die Gestalt anzunehmen, welche dem Gleich- ichte der Kräfte, die sie in Bewegung setzten, an- essen sey. Die Untersuchung dieser Bewegung, unden mit der Wirkung der Sonne und des Mon- , zeigte indessen Schwierigkeiten, welche man nach damaligen Zustande der Analyse und den Kennt- n von der Bewegung der Flüssigkeiten nicht he- konnte. Unterstützt von den nachher über diese

beyden Gegenstände gemachten Entdeckungen machte sich la Place über die schwerste Aufgabe der ganzen Mechanik des Himmels, und nahm dabey allein die Voraussetzungen an, daß das Meer die ganze Erde bedecke, und daß es bey seinen Bewegungen nur kleine Hindernisse finde. Die Resultate, welche er daraus ziehen konnte, stimmten mit der Erfahrung, besonders in Ansehung des kleinen Unterschiedes, welcher in den französischen Häfen zwischen den beyden Fluthen des nämlichen Tages statt findet und nach Newton's Theorie sehr groß seyn würde, so genau überein, daß er an der Richtigkeit seiner Theorie gar nicht zweifeln konnte. Hiernach kam er auf das merkwürdige Resultat, daß man, um diesen Unterschied auf Null zu bringen, nur vorauszusetzen brauche, daß das Meer durchaus nur einerley Tiefe besitze.

Inzwischen erleiden doch die schönen Folgen, welche er aus der Voraussetzung einer über die Erde regelmäßig verbreiteten Flüssigkeit, welche bey ihren Bewegungen nur sehr geringen Widerstand leistet, ziehen konnte, manche Einschränkungen. Die Unregelmäßigkeit der Tiefe des Meers, die Lage und der Abhang der Ufer, ihre Verhältnisse zu den benachbarten Küsten, die Reibungen der Gewässer am Meeresgrunde, und der Widerstand, welchen sie von demselben leiden, alle diese Ursachen, welche sich keiner Berechnung unterwerfen lassen, ändern die Schwingungen dieser großen flüssigen Massen verschiedentlich. Alles, was man dabey thun kann, ist, die allgemeinen Erscheinungen der Ebbe und Fluth, die aus den anziehenden Kräften der Sonne und des Mondes folgen müssen, zu entwickeln, und aus den Beobachtungen die Bestimmungsstücke herzuleiten, deren Kenntniß un-

unumgänglich nothwendig ist, um die Theorie der Ebbe und Fluth in jedem Hafen zu ergänzen. Diese Bestimmungsstücke sind eben so viele willkührliche Größen, welche von dem Umfange des Meers, von seiner Tiefe und den Localumständen des Hafens abhangen.

Betrachtet man zuerst bloß die Wirkung der Sonne auf das Meer, und setzt dabey voraus, daß dieses Gestirn sich gleichförmig in der Ebene des Aequators bewege; so sieht man leicht, daß, wenn die Sonne den Schwerpunkt der Erde und alle Elemente des Meers mit gleichen und parallelen Kräften anzöge, das ganze System des Erdsphäroids und der Gewässer, die es bedecken, diesen Kräften mit gemeinschaftlicher Bewegung folgen und das Gleichgewicht der Gewässer nicht gestört werden würde. Folglich wird dieß Gleichgewicht nur durch den Unterschied dieser Kräfte, und durch die Ungleichheit ihrer Richtungen gestört. Ein unter der Sonne liegendes Element, das Meer, wird von ihr mehr angezogen, als der Mittelpunkt der Erde; es strebt also, von der Oberfläche der letztern zu entfliehen, wird aber durch seine Schwere, welche dieses Bestreben vermindert, auf derselben zurückgehalten. Einen halben Tag darauf steht dieses Element in Opposition mit der Sonne, welche es alsdann schwächer als den Mittelpunkt der Erde anzieht; die Oberfläche der Erdkugel ist also nun bestrebt, sich von demselben los zu machen, aber die Schwere des Elements hält es an ihr fest; diese Kraft wird also noch durch die Anziehung der Sonne vermindert; und da die Entfernung der Sonne von der Erde in Ansehung des Halbmessers der Erdkugel sehr groß ist, so kann man sich leicht davon überzeugen, daß die Ver-

minderung der Schwere in diesen beyden Fällen sehr nahe die nämliche sey. Eine bloße Zerlegung der Wirkung der Sonne auf die Elemente des Meers ist hinreichend, um zu sehen, daß in jeder andern Lage dieses Gestirns gegen diese Elemente sein Einfluß auf die Störung des Gleichgewichts derselben nach einem halben Tage wieder die nämliche werde.

Man kann nun als einen allgemeinen Grundsatz der Mechanik festsetzen, daß der Zustand eines Systems von Körpern, wobey die ursprünglichen Bedingungen der Bewegung, durch den Widerstand, welchen es leidet, aufgehoben werden, periodisch sey, wie die Kräfte, von welchen es getrieben wird; es muß folglich jedesmal nach Verfluß eines halben Tages wieder der nämliche Zustand des Meers eintreten, so daß man während dieser Zeit einmal Ebbe und einmal Fluth hat.

Das Gesetz, nach welchem das Meer steigt und fällt, läßt sich folgender Maaßen bestimmen: man denke sich einen vertikalen Kreis, dessen Peripherie einen halben Tag vorstelle, und dessen Durchmesser der totalen Fluth, d. h. dem Unterschiede der Höhen der vollen und der tiefen See, gleich sey; und man setze, daß die Bogen dieser Peripherie, von dem niedrigsten Punkte angerechnet, die von der tiefen See an verflossenen Zeiten ausdrucken, so werden die Quersinus dieser Bogen die mit diesen Zeiten zusammengehörigen Meereshöhen seyn. Das Meer schneidet also bey seinem Steigen in gleichen Zeiten gleiche Bogen dieser Peripherie ab.

Mitten in einem von allen Seiten freyen Meere findet dieses Gesetz genau statt; aber in den französischen Häfen weichen die Fluthen durch besondere Local-

alumstände etwas davon ab. Das Meer braucht da-
lbst etwas mehr Zeit zum Fallen, als zum Stei-
en, und zu Brest beträgt der Unterschied dieser zwey
eiten ungefähr $10\frac{1}{2}$ Minuten.

Je größer ein Meer ist, desto merklicher müssen
ie Erscheinungen der Ebbe und Fluth seyn. Bey ei-
er flüssigen Masse theilen sich alle Eindrücke, welche
des Element erhält, der ganzen Masse mit; da-
urch bringt die bey einem einzelnen Elemente unmerk-
che Wirkung der Sonne in dem Weltmeere merk-
ürdige Erscheinungen hervor. Stellt man sich ei-
en Kanal über den Meeresgrund hin vor, dessen ei-
es Ende in der Meeresfläch. in eine lothrechte Röhre
usgeht, deren Verlängerung der Sonne Mittelpunkt
ifft, so wird sich in dieser Röhre das Wasser, vermö-
der Einwirkung dieses Gestirns, welche die Schwe-
seiner Elemente vermindert, und überdieß vermöge
s Drucks der im Kanale verschlossenen Wassertheil-
en, erheben, welche sämmtlich sich bestreben, sich
nter der Sonne zu vereinigen. Die Erhebung des
Bassers in der Röhre über dem natürlichen Wasser-
iegel des Meers ist das Integral dieser unendlich
einen Bestrebungen. Wenn die Länge des Kanals
nimmt, so wird dieses Integral größer, weil es
ch über einen größern Raum erstreckt, und dabey ein
rößerer Unterschied in der Richtung und Größe der
raft, wovon die äußersten Elemente getrieben wer-
n, statt findet. Man sieht an diesem Beyspiele den
influß der Ausdehnung des Meers auf die Erschei-
ungen der Ebbe und Fluth, und die Ursache, war-
n diese in kleinen Meeren, wie im schwarzen und
spischen, unmerklich sind.

Localumstände ändern die Größe der Fluthen sehr
). Die wellenförmigen Bewegungen des Meers kön-
neu

nen in einer Meerenge sehr groß werden, und das Zurückprallen des Wassers von entgegenstehenden Ufern sie noch mehr vergrößern. Daher sind die in den Inseln des Südmeers durchgängig sehr kleinen Fluthen in den französischen Häfen sehr beträchtlich.

Wenn das Weltmeer ein durch Umdrehung entstandenes Sphäroid bedeckte, und wenn es bey seinen Bewegungen keinen Widerstand litte, so wäre der Augenblick der vollen See zugleich der des obern oder untern Durchgangs der Sonne durch den Mittagskreis; allein es verhält sich damit nicht so in der Natur, und die Localumst..de bringen, selbst in sehr nahen Häfen, beträchtliche Verschiedenheiten in die Zeit der Fluthen. Um eine richtige Vorstellung von diesen Verschiedenheiten zu erhalten, stelle man sich eine mit dem Meere in Gemeinschaft stehende und sich tief ins feste Land hinein erstreckende weite Röhre vor; man sieht leicht, daß die wellenförmigen Bewegungen, welche an ihrer Mündung statt haben, sich allmählig durch ihre ganze Länge hin fortpflanzen werden, so daß die Gestalt ihrer Oberfläche durch eine Reihe großer in Bewegung begriffener Wellen sich bilden wird, welche ohne Aufhören sich erneuern, und ihre Länge in Zeit von einem halben Tage durchlaufen werden. Die Wellen werden in jedem Punkte der Röhre eine Fluth und eine Ebbe bewirken, welche den vorigen Gesetzen folgen werden; Zeiten der Fluth aber werden in eben dem Maaße später einfallen, als die Punkte von der Mündung sich mehr entfernen werden. Eben dieß läßt sich nun auch auf die Flüsse anwenden, deren Oberfläche, der entgegengesetzten Bewegung ihres Laufes ungeachtet, durch ähnliche Wellen steigt und fällt. Man bemerkt diese Wellen in allen Flüssen nahe

[n]ahe an ihrer Mündung; und an der Straße Pauxis [a]m Amazonenflusse sind sie auf 200 Meilen vom Mee[r]e noch merklich.

Betrachtet man ferner allein die Wirkung des [M]ondes auf das Meer, und nimmt an, daß sich die[s]es Gestirn gleichförmig in der Ebene des Aequators [b]ewege; so ist klar, daß es im Weltmeere eine Ebbe [u]nd Fluth bewirken müsse, welche derjenigen ähnlich [is]t, die aus der Wirkung der Sonne entsteht, und [d]ie einen halben Mondstag zu ihrer Periode hat. [E]s ist aber die ganze Bewegung eines durch sehr klei[n]e Kräfte getriebenen Systems die Summe der be[s]ondern Bewegungen, welche eine jede Kraft ihm be[s]onders würde eingedruckt haben; daher vereinigen [si]ch die zwey durch die Wirkungen der Sonne und [d]es Mondes erregten partialen Fluthen, ohne einander [z]u stören, und aus dieser Vereinigung entsteht die [F]luth, die in den französischen Häfen beobachtet wird.

Hieraus erfolgen die merkwürdigsten Erscheinun[g]en der Ebbe und Fluth. Wegen der verschiedenen [P]erioden dieser beyden Himmelskörper ist der Augen[bl]ick der Mondsfluth nicht immer einerley mit dem [d]er Sonnenfluth. Fallen zwey dieser Fluthen zusam[m]en, so wird die folgende Mondsfluth um den Ueber[sc]huß eines halben Mondstages über einen halben [S]onnentag, d. i. um 1752″,5 hinter der Sonnenfluth [zu]rückbleiben. Da diese Verspätungen von einem Ta[ge] zum andern sich anhäufen, so wird die durch den [M]ond bewirkte volle See mit der von der Sonne [ve]rursachten tiefen See zusammenfallen, und umge[k]ehrt. Wenn die Mondsfluth mit der Sonnenfluth [zu]sammenfällt, so ist die zusammengesetzte Fluth am [gr]ößten; dieß verursacht die großen Fluthen gegen die

Syzy-

Syzygien. Wenn hingegen die volle See von dem einen dieser Gestirne mit der tiefen See von dem andern zusammenfällt, so ist die zusammengesetzte Fluth am kleinsten; dieß verursacht die kleinen Fluthen gegen die Quadraturen. Ist die Sonnenfluth stärker, als die Mondsfluth, so ist es sichtbar, daß die Zeiten der größten und der kleinsten Fluth zusammengesetzt, mit der Zeit zusammentreffen werden, auf welche die Sonnenfluth fallen würde, wenn sie allein einträte. Wenn aber die Mondsfluth stärker ist, als die Sonnenfluth, so fällt die kleinste zusammengesetzte Fluth um einen Viertelstag später. Dieß ist folglich ein einfaches Mittel, zu erkennen, ob die Mondsfluth größer oder kleiner als die Sonnenfluth ist. Alle Beobachtungen geben einstimmig zu erkennen, daß die Zeit der kleinsten Fluthen von der der größten um einen Viertelstag verschieden ist; folglich ist die Mondsfluth stärker als die Sonnenfluth.

Der mittlere Werth der größten totalen Fluth von jedem Monate ist ohngefähr 18,13, und der mittlere Werth der kleinsten 8,67 Fuß. Nach den gehörigen Reduktionen ist daraus leicht zu schließen, daß die mittlere Mondsfluth, welche dem beständigen Theile der Mondsparallaxe zugehört, dreymal größer sey als die mittlere Sonnenfluth; oder was eben das sagen will, daß die Wirkung des Mondes zur Erhebung des Meeres das Dreyfache von der der Sonne sey.

Die Wirkung eines Gestirns auf ein flüssiges Element, welches zwischen diesem Gestirne und dem Mittelpunkte der Erde sich befindet, ist dem Unterschiede seiner Wirkung auf diesen Mittelpunkt und auf das Element gleich; und dieser Unterschied ist das Dop-

Doppelte von dem Quotienten der Masse des Gestirns, multiplicirt mit dem Erdhalbmesser, und dividirt durch den Würfel der Entfernung dieses Gestirns vom Mittelpunkte der Erde. Dieser Quotient beträgt bey der Sonne $\frac{1}{179}$ der Schwere, welche den Mond gegen die Erde treibt, multiplicirt mit dem Verhältnisse des Erdhalbmessers zu der Entfernung des Mondes. Die Schwere ist sehr nahe gleich der Summe der Massen der Erde und des Mondes, dividirt durch das Quadrat der Entfernung des letztern; die Wirkung der Sonne auf die Erhebung des Meeres ist folglich $89\frac{1}{2}$ mal kleiner, als die Summe der Massen der Erde und des Mondes dividirt durch den Würfel der Entfernung des Mondes. Aber diese Wirkung ist nur $\frac{1}{3}$ von der Wirkung des Mondes, welche das Doppelte seiner Masse, multiplicirt mit dem Erdhalbmesser, und dividirt durch den Würfel seiner Entfernung ist; folglich verhält sich die Masse des Mondes zur Summe der Massen des Mondes und der Erde, wie 3 : 179, woraus folgt, daß diese Masse sehr nahe $\frac{1}{58,7}$ von der der Erde ist. Da sein Volumen nur $\frac{1}{49,316}$ von dem der Erde ist, so ist seine Dichtigkeit 0,8401, wenn man die mittlere Dichtigkeit der Erde zur Einheit annimmt, und das Gewicht 1 auf der Erde würde, auf die Oberfläche des Mondes gebracht, sich in 0,2291 verwandeln.

Nähme das Meer in jedem Augenblicke die Figur an, welche dem Gleichgewichte der auf dasselbe wirkenden Kräfte angemessen ist, so würde die größte totale Fluth unter dem Aequator ungefähr 3 Fuß haben,

ben, und dieß ist wirklich der mittlere Werth, welchen man in dem großen Südmeere beobachtet. Die große Verschiedenheit der Fluthen aber, die man auch in sehr nahen Häfen bemerkt, beweißt uns, daß Lokalumstände die Größe derselben beträchtlich vermehren können.

Die Größe und das Gesetz der Veränderungen der totalen Fluthen nahe bey ihrem Maximum und Minimum ist nach der Theorie der Schwere und nach den Beobachtungen völlig einerley. Ihre Zunahme bey ihrer Entfernung von dem Minimum ist das Doppelte ihrer Abnahme bey ihrer Entfernung von dem Maximum, wie die Beobachtungen es zeigen.

Weil die Mondsfluth stärker ist, als die Sonnenfluth, so muß die zusammengesetzte Fluth sich hauptsächlich nach der Mondsfluth richten, und man muß in einer gegebenen Zeit eben so viele Fluthen haben, als obere oder untere Durchgänge des Mondes durch den Meridian; und dieß stimmt mit den Beobachtungen überein. Aber der Augenblick der zusammengesetzten Fluth muß um den Augenblick der Mondsfluth nach einem von den Lichtgestalten des Mondes und von dem Verhältnisse seiner Wirkung zu der der Sonne abhängenden Gesetze schwingen. Der erste dieser Augenblicke geht vor dem zweyten her von der größten bis zur kleinsten Fluth, er folgt aber auf ihn von der kleinsten bis zur größten, so daß, da die mittlere Zeit der zusammengesetzten Fluth mit der der Mondsfluth einerley ist, die mittlere Verspätung der Fluthen von einem Tage zum andern 3505″ beträgt.

Nach

Nach der Theorie also, so wie nach den Beobachtungen, ändert sich die Verspätung der Fluthen, wie ihre Höhe, mit den Lichtgestalten des Mondes. Die geringste Verspätung trifft mit der größten Höhe und die größte Verspätung mit der kleinsten Höhe zusammen, und durch eine merkwürdige Uebereinstimmung giebt die Theorie für die Verspätungen von einem Tage zum andern 2708″ und 5150″, eben so wie die Beobachtungen. Diese Uebereinstimmung beweißt zugleich die Wahrheit dieser Theorie und die Genauigkeit des angenommenen Verhältnisses zwischen den Wirkungen des Mondes und der Sonne. Aendert man dieß Verhältniß ein wenig, so würde es den Beobachtungen der Höhen und den Zwischenzeiten der Fluthen bey weitem nicht Genüge thun; diese gaben es folglich mit großer Genauigkeit.

Besonders ist aber noch zu bemerken, daß, wenn das vom Meer bedeckte Sphäroid ein durch Umdrehung entstandener Körper wäre, alsdann die partialen Fluthen in dem Augenblicke des Durchganges der sie verursachenden Gestirne durch den Mittagskreis erfolgen würden; fiele also eine der Syzygien auf den Mittag, so würden die beyden Fluthen in demselben Augenblicke, als dem der größten zusammengesetzten Fluth, zusammenfallen. Diese größte Fluth würde ich noch an dem Tage der Syzygien selbst statt finden, wenn die beyden partialen Fluthen auf den Durchgang der Gestirne durch den Mittagskreis sehr nahe nach einerley Zwischenzeit folgten. Weil aber die tägliche Bewegung des Mondes in seiner Bahn beträchtlich ist, so kann die Geschwindigkeit dieser Bewegung auf die Zeit, um welche dieses Gestirn der Mondsfluth hergeht, einen merklichen Ein-

 fluß

fluß haben. In der That bringt die Wirkung der Sonne und des Mondes auf ein Element des Meeres jeden Augenblick eine unendlich kleine Welle hervor, deren Anfang dieses Element ist, und welche sich über das ganze ausgedehnte Meer verbreitet; die Summe dieser Well-n macht die Bewegung dieser großen flüssigen Masse aus. Nun ist es einleuchtend, daß diejenigen, deren Ursprung weit entfernt ist, eine beträchtliche Zeit brauchen müssen, um in die französischen Häfen zu gelangen; die Fluth, welche man daselbst beobachtet, ist also der Erfolg der dem Meere einige Zeit vorher ertheilten Eindrücke. Obgleich im Falle eines durch Umdrehung entstandenen vom Meere bedeckten Körpers diese Eindrücke einander so zugeordnet sind, daß die Fluth im Augenblicke des Durchgangs des Gestirns durch den Mittagskreis selbst erfolgt, so kann sie doch, wenn die Tiefe des Meeres unregelmäßig ist, auf den Durchgang, welcher für ihre Ursache angesehen werden muß, nach einem oder etlichen Tagen folgen; und da in dieser Zwischenzeit die Bewegung des Mondes in seiner Bahn sehr merklich ist, so kann die Zeit, um welche sein Durchgang durch den Mittagskreis früher erfolgt als die Mondsfluth, von derjenigen sehr verschieden ausfallen, um welche der Durchgang der Sonne durch den Mittagskreis früher erfolgt als die Sonnenfluth.

Von diesem Unterschiede wird man sich eine richtige Vorstellung machen können, wenn man sich eine weite, mit dem Meere in Gemeinschaft stehende, und unter dem Mittagskreise ihrer Mündung sich sehr weit in das feste Land hinein erstreckende Röhre gedenkt. Wenn man sezt, daß an dieser Mündung die Fluth im Augenblicke des Durchgangs des Gestirns durch den Meri-

Meridian selbst statt habe, und daß sie 21 Stunden brauche, um an das Ende der Röhre zu gelangen, so sieht man leicht, daß an diesem letzten Punkte die Sonnenfluth eine Stunde nach dem Durchgange eintreten werde; da aber zwey Mondstage 2,070 Sonnentage ausmachen, so wird die Mondsfluth nur 30′ nach dem Durchgange des Mondes durch den Mittagskreis erfolgen, so daß zwischen den Zeiten, um welche die Mondsfluth und die Sonnenfluth nach den Durchgängen der Gestirne folgen werden, ein Unterschied von 70′ statt findet.

Hieraus folgt, daß das Maximum und das Minimum der Fluth nicht an den Tagen der Syzygien und der Quadraturen selbst, sondern einen oder zwey Tage nachher statt finden, wenn die Zwischenzeit, nach welcher die Mondsfluth auf des Mondes Durchgang auf den der Sonne folgt, zusammengenommen der Zwischenzeit gleich ist, nach welcher die Sonnenfluth auf der Sonne Durchgang durch den Meridian folgt.

Durch Vergleichung einer großen Menge von Beobachtungen und durch verschiedene Methoden hat la Place gefunden, daß zu Brest die Zwischenzeit, nach welcher die größte Fluth auf die Syzygien folgt, sehr nahe $1\frac{1}{2}$ Tag beträgt. Daraus folgt, daß in diesem Hafen die Sonnenfluth 18718″ nach der Sonne Durchgang, und die Mondsfluth 13466″ nach des Mondes Durchgang durch den Meridian eintrete. Die Zeiten der Fluthen zu Brest sind also die nämlichen, wie an dem Ende einer mit dem Meere in Gemeinschaft stehenden Röhre, wenn man sich vorstellt, daß an ihrer Mündung die partialen Fluthen in dem Augenblicke des Durchgangs der Gestirne durch den

Mittagskreis selbst statt haben, und daß sie $2\frac{1}{2}$ Tage brauchen, um an das Ende derselben zu gelangen, wenn solches 18718″ östlicher, als ihre Mündung angenommen wird.

Es ist zu bemerken, daß der Unterschied der Zwischenzeiten, nach welchen die partialen Fluthen auf den Durchgang der sie verursachenden Gestirne durch den Meridian folgen, die Erscheinungen der Ebbe und Fluth nicht ändert.

Bisher ist vorausgesetzt worden, daß die Sonne und der Mond sich in der Ebene des Aequators gleichförmig bewegen; jezt sollen sich aber ihre Bewegungen und ihre Entfernungen vom Mittelpunkte der Erde ändern. Wenn man die Ausdrücke ihrer Wirkung auf das Meer entwickelt, so kann man jedes Glied derselben durch die Wirkung eines in einer kreisförmigen Bahn gleichförmig um die Erde bewegten Gestirns darstellen; es ist also leicht, die den verschiedenen Ungleichheiten der Sonne und des Mondes zugehörige Ebbe und Fluth nach den vorhin aufgestellten Grundsätzen zu bestimmen.

Wenn man auf solche Art die Erscheinungen der Fluthen der Analyse unterwirft, so findet man, daß die durch die Sonne und den Mond bewirkten Fluthen im umgekehrten Verhältnisse der Würfel ihrer Entfernungen wachsen; die Fluthen müssen also, bey übrigens gleichen Umständen, in der Erdnähe des Mondes wachsen, und in seiner Erdferne abnehmen.

Die Veränderungen der Entfernung der Sonne von der Erde sind bey den Höhen der Fluthen merklich, aber viel weniger, als die der Entfernung des Mondes, weil ihre Wirkung auf die Erhebung des Meer-

was-

wassers dreymal kleiner ist, und ihre Entfernung von
der Erde sich in einem kleinern Verhältnisse ändert.

Weil die Wirkung des Mondes größer und
seine Bewegung schneller ist, wenn er sich näher bey
der Erde befindet, so muß die zusammengesetzte Fluth
bey den Syzygien in der Erdnähe sich der Mondsfluth,
und diese selbst dem Durchgange des Mondes durch
den Meridian sich nähern. In der Erdnähe müssen
also die Fluthen am Tage der Syzygien voreilen,
und in der Erdferne zurückbleiben.

Auch hat die Mondsparallaxe noch auf die Zwischenzeit
zweyer auf einander folgenden Morgen- oder
Abendfluthen gegen die Syzygien, oder in der Nähe
des Maximums der Fluthen, Einfluß.

Nach der Theorie bringt eine Minute Aenderung
in dem Mondshalbmesser 256″ Aenderung in
der Zwischenzeit, genau so wie nach den Beobachtungen,
hervor.

Diese beyden Erscheinungen haben in den Quadraturen
auf gleiche Art statt; aber die Theorie zeigt,
daß sie dort dreymal kleiner sind, als in den Syzygien,
und eben das bestätigen die Beobachtungen.

Um die Ursache davon zu begreifen, muß man
erwägen, daß das tägliche Zurückbleiben der Mondsfluth
zunimmt, wenn die Bewegung des Mondes schneller
ist, wie dieß in der Erdnähe statt findet, und daß
das Zurückbleiben der Fluthen bey den Syzygien zunimmt
und sich dem täglichen Zurückbleiben der
Mondsfluth nähert, wenn die Kraft des Mondes zunimmt;
diese beyden Ursachen wirken also zusammen,
die Zwischenzeit der Fluthen bey den Syzygien in der
Erdnähe zu vergrößern. In den Quadraturen, wenn

die Kraft des Mondes zunimmt, vermindert sich das tägliche Zurückbleiben der Fluth und nähert sich dem Zurückbleiben der Mondsfluth; folglich wächst die Zwischenzeit der Fluthen durch die Geschwindigkeit der Bewegung des Mondes in der Erdnähe, und nimmt ab durch die Zunahme der Kraft des Mondes; da also alsdann diese beyden Ursachen einander entgegenwirken, so ist die Zunahme des Zurückbleibens der Fluth bloß die Wirkung ihres Unterschiedes, und aus diesem Grunde ist sie kleiner, als in den Syzygien.

Nach dieser Entwickelung der Theorie der Ebbe und Fluth des Meeres unter der Voraussetzung, daß die Sonne und der Mond sich in der Ebene des Aequators bewegen, sollen nun die Bewegungen dieser Gestirne betrachtet werden, wie sie in der Natur wirklich beschaffen sind. Hiebey werden sich aus ihren Abweichungen neue Erscheinungen zeigen, welche, mit den Beobachtungen verglichen, die vorhergehende Theorie immer mehr und mehr bestätigen.

Dieser allgemeine Fall läßt sich noch auf den zurückführen, da mehrere Gestirne sich gleichförmig in der Ebene des Aequators bewegen, aber man muß diesen Gestirnen sehr verschiedene Bewegungen in ihren Bahnen geben. Die einen bewegen sich langsam in denselben, und bringen eine Ebbe und Fluth hervor, deren Periode ein halber Tag ist; andere haben eine Umlaufsbewegung, die der Hälfte der Umdrehungsbewegung der Erde beynahe gleich ist, und diese bringen eine Ebbe und Fluth hervor, die eine Periode von einem Monate und von einem Jahre haben.

Die

Die erste schließt nicht nur die vorhin betrachte-
ten Schwingungen ein, welche von den Bewegungen
der Sonne und des Mondes, und den Veränderungen
ihrer Entfernungen von der Erde abhangen, sondern
noch andere, die von ihren Abweichungen abhängig
sind. Wenn man diese der Analyse unterwirft, so
findet man, daß die totalen Fluthen der Syzygien
der Nachtgleichen größer sind, als die der Syzygien
der Sonnenstillstände, in dem Verhältnisse des Halb-
messers zu dem Quadrate des Cosinus der Abwei-
chung der Sonne oder des Mondes gegen die Son-
nenstillstände; man findet ferner, daß die Fluthen der
Quadraturen der Sonnenstillstände die der Quadratu-
ren der Nachtgleichen in einem größern Verhältnisse
übertreffen, als das des Halbmessers zum Quadrate
des Cosinus der Abweichung des Mondes gegen die
Quadraturen der Nachtgleichen ist. Diese Resultate
der Theorie werden durch alle Beobachtungen bestä-
tigt, welche über die Verminderung der Wirkung der
Gestirne, nach dem Verhältnisse ihrer Entfernung
vom Aequator, keinen Zweifel übrig lassen.

Die Abweichungen der Sonne und des Mondes
sind auch selbst von den Gesetzen der Abnahme und
des Wachsthums der Fluthen, von dem Maximum
und Minimum an gerechnet, merklich. Ihre Abnah-
me beträgt nach den Beobachtungen, so wie nach der
Theorie, ungefähr ein Drittheil, und erfolgt schneller
in den Syzygien der Sonnenstillstände; ihre Zunah-
me ist nach den Beobachtungen, wie nach der Theo-
rie, ohngefähr zweymal schneller in den Quadraturen
der Nachtgleichen, als in den Quadraturen der Son-
nenstillstände.

Die Lage der Knoten der Mondsbahn ist auf gleiche Art an den Höhen der Fluthen, durch ihren Einfluß auf die Abweichungen des Mondes, bemerkbar.

Die Bewegung dieses Gestirns in gerader Aufsteigung, welche in den Sonnenstillständen geschwinder als in den Nachtgleichen ist, muß die Mondsfluth dem Durchgange des Gestirns durch den Meridian nähern; die Zeit der Fluthen bey den Syzygien in den Nachtgleichen muß also hinter der Zeit der Fluthen bey den Syzygien in den Sonnenstillständen zurückbleiben. Aus eben der Ursache muß die Zeit der Fluthen bey den Quadraturen in den Nachtgleichen zurückbleiben, und die Theorie giebt die Verspätung ungefähr 4mal so groß an als die erste.

Die Abweichungen der Sonne und des Mondes haben auch noch einen Einfluß auf die tägliche Verspätung der Fluthen in den Nachtgleichen und den Sonnenstillständen; diese muß gegen die Syzygien in den Sonnenstillständen größer seyn, als gegen die Syzygien in den Nachtgleichen; und noch viel größer gegen die Quadraturen der Nachtgleichen, als gegen die Quadraturen der Solstitialpunkte, und in diesem zweyten Falle ist der Unterschied der Verspätungen vielmal größer als in dem erstern. Die Beobachtungen bestätigen diese verschiedenen Resultate der Theorie mit einer merkwürdigen Genauigkeit.

Die Fluthen der zweyten Art, deren Periode Ein Tag ist, sind dem Produkte des Sinus durch den Cosinus der Abweichung der Gestirne proportionirt; sie sind gleich Null, wenn die Gestirne im Aequator sind; und wachsen mit ihrer Entfernung von demselben. Durch ihre Vereinigung mit den Fluthen der ersten Art machen sie zwey Fluthen des nämlichen

lichen Tages ungleich. Aus dieser Ursache ist zu Brest, gegen die Syzygien des Winterstillstandes, die Morgenfluth ungefähr um 0,563 Fuß größer als die Abendfluth, und gegen die Syzygien des Sonnenstillstandes um eben so viel kleiner. Eben diese Ursache macht auch gegen die Quadraturen der Herbstnachtgleiche die Morgenfluth um 0,419 Fuß größer als die Abendfluth, aber gegen die Quadraturen der Frühlingsnachtgleiche um eben so viel kleiner.

Ueberhaupt sind die Fluthen der zweyten Art in den französischen Häfen nicht beträchtlich; ihre Größe ist unbestimmt, und hängt von Lokalumständen ab, welche sich vermehren und zugleich die Fluthen der ersten Art so weit vermindern können, daß sie ganz unmerklich werden. Man gedenke sich eine weite durch ihre beyden Enden mit dem Meere in Gemeinschaft stehende Röhre, so wird die Fluth in einem über dem Rande dieser Röhre gelegenen Hafen, das Resultat der durch ihre beyden Enden fortgepflanzten wellenförmigen Bewegungen der ersten Art, in solchen Zeiten dahin gelangen, daß das Maximum der einen mit dem Minimum der andern zusammenfällt, und wenn sie überdieß einander gleich sind, so ist klar, daß vermöge dieser wellenförmigen Bewegungen in diesem Hafen keine Ebbe und Fluth statt haben wird. Aber eine durch die wellenförmigen Bewegungen der zweyten Art bewirkte Fluth wird daselbst Statt finden; und da diese eine zweymal längere Periode haben, so werden sie nicht so übereinstimmen, daß das Maximum derer, die durch die eine Mündung kommen, mit dem Minimum derer, die durch die andere kommen, zusammenträfe. In diesem Falle wird man gar keine Ebbe und Fluth haben, wenn die Sonne und der

Mond in der Ebene des Aequators seyn werden; aber die Fluth wird merklich werden, wenn der Mond sich von dieser Ebene entfernen wird, und alsdann wird man täglich nur eine vom Monde bewirkte Ebbe und Fluth haben, so daß, wenn die Fluth beym Untergange des Mondes erfolgt, die Ebbe bey seinem Aufgange eintreten wird. Diese sonderbare Erscheinung ist zu Baza, einem Hafen des Königreichs Tunkin, und an einigen andern Orten beobachtet worden. Es ist wahrscheinlich, daß in den verschiedenen Häfen der Erde gemachte Beobachtungen alle zwischen die Fluthen zu Baza und die in den französischen Häfen fallende Verschiedenheiten darbieten würden.

Was endlich die Fluthen der dritten Art betrifft, so kann man annehmen, als wenn das Meer beständig im Gleichgewicht wäre unter der Einwirkung der erdichteten Gestirne, welche diese Fluthen hervorbringen, und sie unter dieser Voraussetzung bestimmen. Diese Fluthen sind sehr klein; indessen sind sie zu Brest doch merklich, und dem Resultate der Rechnung gemäß.

Aus dieser Darstellung sieht man die Uebereinstimmung der auf das Gesetz der allgemeinen Schwere gegründeten Theorie mit den Erscheinungen der Zwischenzeiten der Fluthen. Hätte die Erde keinen Trabanten, wäre ihre Bahn kreisförmig und läge sie in der Ebene des Aequators, so hätten wir zur Erkenntniß der Wirkung der Sonne auf das Meer kein anderes Hülfsmittel, als die Zeit der vollen See, welche täglich die nämliche wäre, und das Gesetz ihrer Entstehung. Aber die Wirkung des Mondes bringt durch ihre Verbindung mit der der Sonne in den Fluthen Veränderungen hervor, die sich auf sei-

ne

ne Lichtgestalten beziehen, und deren Uebereinstimmung mit den Beobachtungen der Theorie der Schwere eine große Wahrscheinlichkeit giebt. Alle Ungleichheiten der Bewegung der Abweichung und der Entfernung dieser zwey Gestirne veranlassen eine große Menge von Erscheinungen, welche die Beobachtung bekannt gemacht hat, und welche diese Theorie gegen alle Angriffe sicher stellen. So dienen also die Verschiedenheiten in der Wirkung der Ursachen, um das Daseyn der letztern festzusetzen. Da die Wirkung der Sonne und des Mondes auf das Meer, als eine nothwendige Folge der durch alle himmlische Erscheinungen erwiesenen allgemeinen Anziehung, durch die Erscheinungen der Ebbe und Fluth eine direkte Bestätigung erhält, so ist sie keinem Zweifel mehr unterworfen.

Uebrigens giebt Herr la Place mit allem Rechte den Rath, die Beobachtungen zu vervielfältigen, um die Unregelmäßigkeiten, welche die Erscheinungen der Ebbe und Fluth noch zeigen, aufzudecken, und sie nach den Gesetzen der Schwere zu prüfen, indem sie eben so sehr die Aufmerksamkeit der Beobachter verdienen, als die Ungleichheiten der himmlischen Bewegungen [d]).

Eine andere Bewegung der Meere, welche man Ströme nennt, und welche der Bewegung der Atmosphäre, nämlich dem großen beständigen Ostwinde, der immer zwischen den Wendekreisen herrscht und seinen Gang von Morgen gegen Abend nimmt, sehr ähnlich ist, ist ebenfalls längst bekannt gewesen. Von

d) Darstellung des Weltsystems; a. d. Französ. Frankf. a. M. 1797. 8. Th. II. S. 135. ff.

Von dem Strome des atlantischen Meeres handeln Pownall[e]) und Franklin[f]). Die Seefahrer unterscheiden die Wirkung des Stromes der Gewässer des Weltmeeres von der des großen beständigen Ostwindes sehr genau. Man hat die Entstehung dieses Stromes von drey Umständen herzuleiten gesucht: 1. von der Umdrehung der Erde um ihre Axe; denn durch diese schnelle Umdrehung wird sie allem, was auf ihrer Oberfläche sich befindet, eine ebenmäßige Bewegung mittheilen. Weil aber das Wasser des Meeres ein Bestreben hat, sich gegen den Mittelpunkt der Erde zu bewegen, so kann auch dieses der Umdrehungsbewegung nicht so schnell folgen, sondern es wird zurückbleiben, und es wird folglich das Ansehen haben, als ob es sich von Osten gegen Westen bewegte; 2. weil die Sonne und der Mond, in Rücksicht auf einen festen Punkt der Erde, jeden Tag etwas gegen Abend vorrucken, so müssen sie von dieser Seite die Meeresmasse nach sich ziehen, und auf solche Art muß den Gewässern des Meeres eine Bewegung von Osten nach Westen mitgetheilt werden; 3. wird auch der beständige Ostwind auf den Strom des Wassers des Weltmeeres Einfluß haben, und er wird ihm dieselbe Richtung geben, die er selbst hat. Die vereinte Wirkung dieser drey angeführten Ursachen wird also den Gewässern des Meeres eine sehr schnelle Bewegung von Morgen gegen Abend mittheilen.

Was die dritte Bewegung der Gewässer der Meere betrifft, welche fast immer von den Polen gegen

e) Hydraulic and nautical observ. on the Atlantic Ocean. Lond. 1787. 4. mit einer Seekarte und Noten von Franklin.

f) Transact. of the Americ. society, held at Philadelphia. Vol. II. p. 315.

gen den Aequator gerichtet ist, so gedenken die neuesten Seefahrer derselben nicht mehr. Nach de la Metherie[g]) ist diese Bewegung eine Folge der Bewegung der Gewässer von Osten nach Westen. Denn die physische Lage des festen Landes von Afrika und Amerika, so wie auch die Lage des indianischen Archipels und Neuhollands müsse die Richtung dieser zweyten Bewegung abändern, das Wasser müsse folglich von der Seite der Pole an die Küsten zurückfließen, und in eine kreisförmige oder wirbelartige Bewegung gerathen. Das durch seine östliche Bewegung von den afrikanischen Küsten gegen Amerika getriebene Wasser des atlantischen Meeres z. B. wird in seinem Laufe gegen Amerika aufgehalten werden, und ein Theil desselben wird sich in den mexicanischen Meerbusen stürzen und von da gegen die bermudischen Inseln hinaufwärts gehen, der andere Theil desselben aber wird sich längst der Küste Brasiliens halten, und sich gegen das Vorgebirge Horn erstrecken. Dieser Gang der Gewässer der afrikanischen Küsten bringt aber eine Leere hervor, und die Gewässer müssen also von den beyden Polen zufließen, um diese Leere auszufüllen; auf diese Art entspringt ein Strom, der von den Polen gegen die Linie, längst den afrikanischen Küsten, hingeht; es wird eine Leere in diesem Theile der Polarmeere entstehen, während an den Küsten von Brasilien und der Inseln von Terre Neuve ein Ueberfluß an Wasser statt finden wird; die Gewässer werden also aus diesen letzten Gegenden theils gegen das Vorgebirge der guten Hoffnung, theils gegen die azorischen Inseln und über dieselben hinaus fließen, um

g) Theorie der Erde, a. d. Franz. Leipz. 1797. 8. Th. II. S. 313. f.

um wieder an die Küsten von Europa zu kommen. Das Wasser des atlantischen Meeres wird folglich zwey Arten von krummen Linien beschreiben, und sich so auf eine zweyfache Art bewegen. Die erstere Bewegung, durch welche es von den afrikanischen Küsten an die Küsten von Amerika gebracht wird, wird verursachen, daß es längst Mexico nach den bermudischen Inseln aufsteigt, und durch den 40° der Breite nach Europa übergeht (und wirklich sind auch die Schiffer, wenn sie von den atlantischen Inseln zurückkehren wollen, genöthigt, diese Höhe zu gewinnen). Die andere Bewegung wird dieses Wasser von den afrikanischen Küsten an die Küsten von Brasilien und von da wieder zurück, von der Seite des Vorgebirges der guten Hoffnung, bringen. Auf eine ähnliche Art wird sich auch die Sache im Südmeere verhalten, nur mit dem Unterschiede, daß hier die Wirkung nicht eben so merklich seyn wird; denn der indianische Archipel und Neuholland setzen dem Wasser kein solches Hinderniß entgegen, wie Amerika; demungeachtet fließen auch in diesem Meere die Gewässer gleichsam auf sich selbst zurück, denn die Schiffe, welche von den philippinischen Inseln in Amerika kommen, sind genöthigt, den 40ten Grad nördlicher Breite zu gewinnen, und durch Californien zurückzugehen.

Die Frage, woher die Quellen ihr Wasser erhalten? ist von jeher verschieden beantwortet worden. Gegen Halley's Meynung vom Ursprunge der Quellen (Th. II. S. 586. f.) hatte man vorzüglich den Einwurf gemacht, daß die höchsten Gebirge in Europa, z. B. die Alpen, auf welchen die Donau, der Rhein, die Rhone und der Po entspringen,

wäh-

während der sechs Wintermonate mit hohem Schnee bedeckt sind, und die Flüsse gänzlich versiegen müßten, wenn Halley's Meynung Grund hätte. Herr de Lüc h) hat aber an der Stelle, wo er Woodwardts Hypothese (Th. II. S. 589.) von einem großen unterirdischen Wasserbehälter widerlegt, gezeigt, daß diese vier Flüsse im Winter weit weniger Wasser als im Sommer enthalten, da hingegen die Seine, welche ihr Wasser aus niedrigen Quellen und zum Theil vom Regen erhält, im Winter weit mehr als im Sommer anschwillt. Auch versiegen die meisten Bäche der hohen Gebirge im Winter, die Quellen geben wenig Wasser und hören zum Theil ganz zu fließen auf; nur die Gletscher liefern eine geringe Menge Wasser, welches durch die Wärme des Bodens nach und nach unter dem Eise abschmilzt. Sobald aber der Frühling zurückkehrt, und der Schnee am Fuße der Gebirge schmilzt, so fangen die untern Bäche zu fließen an; bey Annäherung des Sommers endlich sieht man allenthalben Bäche und Wasserfälle entstehen, welche den ganzen Sommer hindurch durch die erstaunliche Eismasse beständig in gleicher Stärke mit Wasser unterhalten werden, und die Flüsse reichlich damit versehen. Auch die Rhone steigt vom März bis zum August, und fällt eben so wieder in den Wintermonaten.

Herr Hube i) leitet die Entstehung der Quellen mit Vitruv und Mariotte aus dem herabfallenden Regen- und Schneewasser ab. Er sagt, dieses Was-

h) Untersuchungen über die Atmosphäre. Th. I. a. d. Franz. Leipz. 1777. §. 155.

i) Vollständ. und faßlicher Unterricht in der Naturlehre. B. I. Brief 16.

Wasser fließe zum Theil nach tiefern Gegenden ab, zum Theil verdunste es, zum Theil ziehe es in die Erde. Je lockerer der Boden ist, um desto schneller dringt es in ihm ein. Sandige Flächen, wenn sie keinen merklichen Abhang haben, werden selbst nach dem stärksten Regen bald wieder trocken. Das Wasser dringt aber durch sein Gewicht so tief als es nur kann in die Erde, bis es auf eine steinige oder feste Erdschicht kommt, die es nicht weiter durchläßt. Von diesem Eindringen des Wassers in eine oft sehr große Tiefe sieht man die augenscheinlichsten Beweise in den meisten unterirdischen Höhlen, wie auch in den Erzgruben. Hier quillt es mehrentheils zwischen den Ritzen des Gesteins allenthalben in solchen Mengen hervor, daß man die Gruben nur mit den größten Kosten davon befreyen kann. Wenn aber das unterirdische Wasser bis auf eine feste Schicht gekommen ist, welche es nicht weiter durchläßt, so häuft es sich in der unmittelbar darüber liegenden Erdschicht oft sehr stark an, und durchdringt dieselbe nach allen Seiten, besonders wenn sie locker und sandigt ist. Daher findet man fast allenthalben sehr nasse Sandschichten, welche der Seegrund genannt wird, bald in einer größern bald in einer geringern Tiefe unter der Erde. Sie liegen mehrentheils viel höher, als die nahen Bäche und Flüsse, zum Beweise, daß sie ihr Wasser von diesen nicht erhalten. Zuweilen besteht selbst die Oberfläche der Erde aus einer solchen nassen Sandschicht, wenn nahe unter ihr eine dem Wasser undurchdringliche feste Erdschicht liegt. Der Seegrund ist desto nässer, je mehr es regnet. Wenn er sich nahe unter Aeckern befindet, so macht er diese naß, unfruchtbar, und oft zum Anbau des Wintergetreides ungeschickt. Wenn man in ihm ein Loch

gräbt,

gräbt, so füllt sich dieses mehrentheils bald mit Wasser an, und daher haben die meisten Brunnen ihr Wasser aus dem Seegrunde. Die unterirdischen nassen Schichten kommen oft irgendwo an der Oberfläche der Erde zum Vorschein. Besonders geschieht dieß in den Betten der Flüsse, und in den Schluchten, wie auch an den Bergen. In solchen Gegenden dringt oft an den tiefsten Stellen der nassen Schichten das Wasser mit Gewalt heraus, und bildet Quellen. Die Quellen sind also als Mündungen unterirdischer Seen anzusehen, und geben daher, auch wenn es eine Zeitlang nicht regnet, immerfort Wasser, weil jene Seen nach dem Regen oder Schnee sich auf einmal füllen, und nachher ihr Wasser durch die Quellen nur langsam und allmählig verlieren. Indessen pflegen doch die meisten Quellen bey großer Dürre sehr merklich abzunehmen, zuletzt wohl gar zu vertrocknen, und nie ergiebiger zu seyn, als in den nässesten Jahreszeiten. Selbst dieser Umstand beweißt, daß sie bloß von dem Wasser der Erdatmosphäre unterhalten werden.

Die Quellen werden gewöhnlich unter den Bergen und Anhöhen, in den Betten der Flüsse, und selbst im Meere angetroffen. Das Regenwasser muß nämlich allezeit zuerst bis auf eine gewisse Tiefe in die Erde eindringen, und sich daselbst anhäufen, ehe es unter der Gestalt einer Quelle zum Vorschein kommen kann. Zwar giebt es zuweilen auch oben auf den Bergen Quellen, wie z. B. der Hexenbrunnen auf dem Brocken in den Harzgebirgen; allein auch diese liegen allezeit beträchtlich niedriger, als die höchsten Spitzen der Berge. Hohe Spitzen aber können, wenn sie auch von keinem großen Umfange sind, dennoch

 die

die Quellen hinlänglich mit Wasser versehen, da sie so oft von den Wolken bedeckt und getränkt werden.

Diese letzten Worte des Herrn Hube geben zu erkennen, daß er noch außer dem Regen- und Schneewasser eine andere Ursache der Quellen annimmt, diese nämlich, daß sich, wie Halley behauptet, die im Luftkreise aufgestiegenen Dünste an den Bergen zu Wasser verdichten, und von ihnen eingesogen werden. Hierüber erklärt er sich an einem andern Orte noch näher [k]). Er nimmt nämlich an, daß die Wolken, wenn sie ihre Elektricität verlieren, ihre Feuchtigkeit fahren lassen müssen. Hievon, sagt er, überzeugt uns am deutlichsten die Erfahrung in gebirgigten Gegenden, wo die Gipfel der Berge von den Wolken, welche sie umhüllen, beständig sehr reichlich mit Wasser getränkt werden, und die Wolken nach und nach gleichsam zerschmelzen. Dieß Wasser ist aber eine von den vornehmsten Ursachen der vielen Quellen und Bäche, die man an hohen Bergen findet, und von der Fruchtbarkeit, welche diese Quellen in den umliegenden Gegenden verbreiten. Durch die Berge kommt überhaupt das Wasser, welches die Flüsse beständig von dem Lande dem Meere zuführen, von dem Meere wieder auf das feste Land zurück. Denn Wolken, die über dem Meere entstehen, werden oft von den Winden sehr weit weggeführt, ohne sich in Regen zu ergießen. Sobald sie aber über das Land kommen, und sich den Spitzen hoher Berge nähern, werden sie von diesen als elektrisirten Körpern angezogen, hängen sich an sie, und zerfließen hier entweder auf einmal, oder ganz unmerklich nach und nach, indem sie

k) Vollständ. und faßlicher Unterricht in der Naturlehre. B. II. Brief 29.

sie durch Berührung mit den Bergen ihre Elektricität verlieren.

Auch de la Metherie [l]) nimmt die von Mariotte und Halley behaupteten Ursachen der Entstehung der Quellen an. Er sagt, die Berge und das an dieselben grenzende Land und die Hügel verdichten die Dünste, die Gipfel der Berge halten die Nebel auf, die Wolken setzen Feuchtigkeit an die Berge ab, das Regenwasser dringt in dieselben ein u. s. w. Alle diese Ursachen verschaffen den Bergen das Wasser, welches zur Bildung der Quellen nöthig ist. Nach des Herrn de la Metherie's Meynung kommt es ganz auf die Verwandtschaft der Erden an, welche diese gegen das Wasser haben. Die Kalkerden haben, fährt er fort, nur wenig Verwandtschaft gegen dasselbe, und halten es nicht zurück; die Kieselerde, oder vielmehr der Quarzsand, steht mit dem Wasser in gar keiner Verwandtschaft, und kann also auch nicht verhindern, daß es seinen Lauf weiter fortsetzt; aber mit der Thonerde hat es eine andere Bewandtniß; das Wasser dringt in dieselbe ein, schwellt sie auf, und zeigt eine starke Verwandtschaft gegen sie; daher kann es durch Thonlager nicht hindurch fließen, und der Thon verhält sich immer auf dieselbe Art gegen das Wasser, wenn er auch nicht ganz rein, sondern mit Sand, Kalk- oder Dammerde, oder mit Eisenkalke u. s. f. vermischt ist; denn wenn er sich nur in einer hinreichenden Menge vorfindet, so wird er immer dem Wasser ein Hinderniß in den Weg legen. Wenn nun ein Stück Land durch den Regen, durch

l) Theorie der Erde, a. d. Französ. Th. II. Leipz. 1797. 8. S. 260. f.

durch Wolken, durch Nebel angefeuchtet oder benetzt worden ist, so wird ein Theil des Wassers auf der Oberfläche desselben zusammenfließen; wenn es nicht in den Boden eindringen kann, so wird es sich nach den abschüssigen Seiten hinbegeben und sich unmittelbar in die Bäche, Flüsse, Ströme, Seen und Meere ergießen. Ein anderer Theil dieses Wassers wird die Erde durchdringen, und von derselben eingesogen werden. Von diesem Theile wird eine gewisse Menge sogleich wieder verdunsten, und zur Entstehung neuer Wolken Gelegenheit geben; eine andere Menge wird in die Pflanzen übergehen, das Wachsthum derselben befördern u. s. w. Der dritte Theil endlich wird in dieser Erde zurückbleiben, und sich, nachdem die Erde diese oder jene Beschaffenheit hat und mehr oder weniger nahe gegen das Wasser verwandt ist, mit derselben verbinden, oder auch durch sie hindurchgehen. Denn wenn die Erde ein wirklicher Quarzsand ist, so wird das Wasser schnell durchfließen; wenn sie von kalkartiger Natur ist, so wird es etwas in ihr verweilen; wenn sie aber aus Thon oder Mergel besteht, so wird es sich lange darin aufhalten. Dieses Wasser wird also die Erde früher oder später wieder verlassen, und sich, nachdem der Boden mehr oder weniger geneigt ist, in die niedrigern Gegenden begeben. Wenn aber das Wasser endlich ein undurchdringliches Hinderniß findet, so wird es stehen bleiben, und dieses Hinderniß wird es nöthigen, sich anzuhäufen, wenn sich hier eine Vertiefung, eine Art von Kessel findet, und so einen unterirdischen See bilden; das Wasser wird sich dann an diesem Orte immer mehr ansammlen und höher steigen, bis es endlich einen Ausweg findet, durch welchen es entweichen, und dann an dem Abhange des Berges herabfließen wird.

wird. Wenn aber das Erdreich, durch welches das Wasser aufgehalten wird, keinen Kessel, sondern vielmehr eine schiefe Ebene ausmacht, so wird das Wasser dieser Fläche nachgehen, und endlich an den Orten, wo sie sich endigt, Quellen bilden. Harte Steinmassen, welche keine Spalten haben, werden eben so wie die Thonschichten wirken; die Steine, aus welchen die ursprünglichen oder Granitgebirge bestehen, sind hart, haben fast gar keine Risse, und verstatten dem Wasser fast gar keinen Durchgang; sobald als das durch die obern Erdschichten durchgesikerte Wasser zu diesen Steinen gelangt, wird es also hier ein unüberwindliches Hinderniß antreffen, und folglich an den schiefen Ebenen, die überall nach der Oberfläche hingehen, zusammenfließen; hier werden dann Quellen aus demselben entstehen. Dieß ist der Grund, warum es an den ursprünglichen Gebirgen viele Quellen giebt, die aber insgesammt nur klein sind. In den Gebirgen von zweyter Entstehung verhält sich die Sache anders. Die Steinbänke, aus welchen diese Gebirge zusammengesetzt sind, haben auf allen Seiten Spalten; das Wasser, welches sich in diese Spalten ergossen hat, kann also durch die Steine nicht aufgehalten werden, und es wird daher mehr oder weniger tief zwischen diese Bänke eindringen; außerdem sind die Abhänge an diesen Bergen weniger steil, und das Wasser wird daher langsamer fließen, u. s. w.; alle diese Umstände werden machen, daß hier die Quellen seltener sind; und da auch an diesen Orten die Erdlagen meistentheils aus Thon und Mergel bestehen, so werden sie das Wasser eine längere Zeit zurückhalten. Eben diese Thon- oder Mergelarten, wenn sie unmittelbar mit einander zusammenhängen, werden dem Wasser ein unüberwindliches Hinderniß

 in

in den Weg legen; es wird sich in denselben, wie in einem Behälter, ansammlen, und wird nur dann, wenn es Spalten oder Risse in diesen Lagen gefunden hat, entweichen. Wenn dergleichen Thonschichten nach der Oberfläche der Erde hin abhängig sind, so werden die Wasser, die über diesen Schichten fließen, am untersten Theile derselben eine Quelle bilden; wenn aber eben diese Schichten keinen Ausgang an der Oberfläche der Erde, sondern vielmehr unter dieser Oberfläche haben, so werden die Wasser, da sie immer dem Abhange nachgehen, unterirdische Flüsse ausmachen, die endlich in großer Masse an den untersten Theilen ansehnlicher Berge auf die Oberfläche der Erde hervortreten werden; solche Bewandtniß hat es mit den Wassern, welche die Quellen der Loire, des Brunnens von Vaucluse u. s. f. bilden; diese Quellen sind sehr ansehnlich.

Es ist gar nicht unmöglich, daß einige von diesen unterirdischen Strömen in den Schooß des Meers übergehen, und die Quellen süßen Wassers bilden, die man hier antrifft.

Mehrere Steinbänke der Gebirge von zweyter Art haben gar keine Risse, und es wird also auch kein Wasser in dieselben eindringen, oder sich zwischen ihnen verlieren können; aber diese Lagen, über welchen das Wasser hinfließen wird, können mannichmal eine Vertiefung haben, und so eine Art von Gefäß bilden, dessen Seitentheile dem Wasser gleichfalls den Durchgang versagen werden; das Wasser, das hier zusammenfließt, wird also wie in einem Canale stehen bleiben und immer höher treten, bis es endlich einen Ausgang findet. Auf solche Art bilden sich nach de

la

la Metherie die unterirdischen Gewässer, die man in manchen Orten antrifft.

Wenn man den Quellen nachgeht, so entdeckt man nur selten große innerliche Behälter, in welche sich Wasser sammlet; man ist in den Bergen und Bergwerken, z. B. zu Bex in der Schweiz, mehreren Quellen sehr weit nachgegangen, und man hat doch keine solche Behälter finden können. Die meisten Quellen werden also durch feuchte und nasse Erde unterhalten, die ihre Feuchtigkeit dem Thau, den Nebeln oder dem Regen verdanken; denn diese Erde hält, je nachdem sie mehr oder weniger nahe Verwandtschaft gegen das Wasser hat, dieses stärker oder minder stark zurück; endlich aber verläßt das Wasser die Erde und fließt dahin, wo der Boden abhängig ist, und wenn es undurchdringliche Hindernisse antrifft, die sich bis an die Oberfläche der Erde ausbreiten, so tritt es hier zu Tage aus und bildet Quellen.

Auch, bemerkt de la Metherie, kann man nicht bezweifeln, daß die Quellen einen Theil ihres Wassers von den Wolken erhalten, die sich über der Erde und dem Meere bilden, in ihrem Gange von den hohen Bergen aufgehalten werden, und ihr Wasser in flüssiger oder fester Gestalt von sich geben.

Atmosphäre der Erde.

Ueber die Höhe des Luftkreises unserer Erde sind die Meynungen der Naturforscher in diesem Zeitraume außerordentlich verschieden. Nach Herrn Hube [m]) soll

m) Vollst. und faßl. Unterricht in der Naturlehre. B. I. 38. Brief.

soll die Luft an ihrer äußersten Grenze 1400mal dünner als an der Erdfläche seyn, indem man es auch mit den allerbesten und vollkommensten Luftpumpen noch nie habe dahin bringen können, die Luft mehr als 1400mal zu verdünnen, und vielleicht habe man selbst die Grenze noch nie erreicht. Man könne daher annehmen, daß eine solche verdünnte Luft sich wirklich im natürlichen Zustande befinde. Nimmt man daher die mittlere Höhe des Barometers am Ufer des Meers 28 Zoll und nach den Beobachtungen des Herrn de Saussure die auf dem Montblanc, welcher über dem Meere 2257 Toisen erhaben ist, 16 Zoll, mithin ihr Verhältniß wie $28 : 16 = 7 : 4$ an, so muß nach dem Mariotte'schen Gesetze in einer doppelten Höhe des Montblanc die Dichtigkeit der Luft zu ihrer Dichtigkeit unter dem Meere wie $2\frac{2}{7} : 7$ oder fast wie $1 : 3$ seyn. In der vierfachen Höhe ist sie wie $1 : 9$, in der achtfachen wie $1 : 81$, und in der vierzehnfachen wie $1 : 2187$. Also muß in der 14mal größern Höhe, als die von 2257 Toisen ist, die Atmosphäre schon mehr als 2000mal dünner seyn, als unten an der Erde. Rechnet man auf die Meile 3800 Toisen, so macht die doppelte Höhe des Montblanc ziemlich genau $\frac{45}{38}$ einer Meile aus. Nimmt man daher diese Höhe sieben-, also die Höhe des Montblanc 14mal, so erhält man $8\frac{1}{3}$ Meile. Hieraus erhellet, daß die ganze Höhe der Atmosphäre unserer Erde wahrscheinlich keine 8 geographische Meilen betrage.

Dem Herrn de la Metherie [n]) ist es wahrscheinlich, daß die Ausdehnung der atmosphärischen Luft in den obern Lagen weit beträchtlicher sey, als man sie gemeiniglich annehme, ob es gleich beym ersten Anblick scheinen könnte, daß sie der ungemein hefti-

n) Theorie der Erde. Th. I. S. 173.

heftigen Kälte wegen, die in diesen Regionen statt finde, weniger beträchtlich seyn müsse. Wir bemerkten augenscheinlich, daß es nicht möglich sey, eine fast unmerkliche Leere unter der Glocke einer Luftpumpe hervorzubringen, weil die Luft sich so sehr ausdehnen lasse, daß sie, wenn wir die Verdünnung derselben so weit als möglich getrieben hätten, einen Raum einnehme, von dem wir gar keine Kenntniß hätten. Sie müsse also in den entferntesten Lagen der Erdatmosphäre eine ähnliche Ausdehnbarkeit besitzen, und dieser Umstand müsse machen, daß sich der Dunstkreis viel weiter erstrecke, als man gemeiniglich, einigen Erscheinungen zu Folge, annehme.

Durch eine andere Erscheinung, welche dem Herrn Oberamtmann Schröter begegnete, veranlaßt, schloß Herr Melanderhielm o) zu Upsala, daß unsere Erdatmosphäre eine weit größere Höhe besitzen müsse, als bisher angenommen werde. Herr Schröter in Lilienthal nahm nämlich am 28ten Jun. 1795. mit seinem 27füßigen Reflektor von 20 Zoll Oeffnung im Ophiuchus in der Gegend der Gestirne ν und ζ der Schlange zufällig eine weite Lichterscheinung wahr, welche seiner Vermuthung nach über 1000 Meilen von der Erdfläche entfernt seyn mochte. Weil diese Erscheinung wahrscheinlich in der Atmosphäre unserer Erde vorgieng, so sah sich selbst Herr Schröter, sowohl dieser Erscheinung als auch anderer Gründe wegen, veranlaßt, die Höhe der Atmosphäre für einige Tausend Meilen über der Erdfläche zu halten.

Herr

o) Konigl. Vetenskaps Academiens nya Handlingar 1. Quart. Stockh. 1798. von Droysen ins Deutsche übersetzt.

Herr Melanderhielm bemerkt, daß sich ein sicherer Schluß über die Höhe unserer Erdatmosphäre aus dem Verdichtungsgesetze der Luft herleiten lasse, nach welchem ihre Dichtigkeit im Verhältnisse mit dem Drucke der darüber stehenden Atmosphäre stehe, und dessen Richtigkeit durch vielfältige Versuche außer Zweifel wäre. Nehme man zugleich an, daß die Centralkraft der Theile der Atmosphäre gegen den Mittelpunkt der Erde unveränderlich sey, so finde man, daß, wenn man zu den ungleichen Höhen der Luftschichten über der sphärischen Oberfläche der Erde, als Abscissen, die verhältnißmäßige Dichtigkeit jeder Schicht als senkrechte Ordinaten aufträgt, die dadurch bestimmte Curve logarithmisch sey. Hiebey sey aber zu bemerken, daß diese Versuche nur in solchen Entfernungen von der Erdfläche gemacht werden könnten, deren Unterschied in Rücksicht auf die Entfernung vom Mittelpunkte der Erde so gering sey, daß er für die Versuche selbst unmerklich werde. Sey dagegen die Frage von der Abnahme der Dichtigkeiten der Luft dem Gesetze der Schwere in großen und zunehmenden Entfernungen von der Oberfläche der Erde gemäß, so werde der Unterschied zwischen diesen Dichtigkeiten und denen, welche dem in der Natur wirklich herrschenden Gesetze der Schwere gemäß berechnet sind, sehr merklich. Deßwegen hat Melanderhielm jenes Problem auch dem herrschenden von Newton entdeckten Gesetze der Schwere gemäß aufgelößt, und gefunden, daß, wenn die Dichtigkeiten unserer Atmosphäre vom Mittelpunkte der Erde in geometrischen Verhältnissen abnehmen, die diesem Gesetze gemäß dazu gehörigen Entfernungen vom Mittelpunkte der Erde in einem harmonischen Verhältnisse zunehmen müssen. Dieser Schluß treffe auch mit dem, was Newton in seinen

nen Princip. L. II. prop. XXII. synthetisch erwiesen habe, überein.

Höhen in der Atmosphäre vermittelst des Barometers zu bestimmen, dazu wurden die Naturforscher besonders durch die wichtigen Untersuchungen des Herrn de Lüc aufgemuntert. Der Ritter Georg Shuckburgh [p]) hatte eine Reise nach Italien in dem Jahr 1775. unternommen, und da er sich nun gerade zu Genf befand, also in der Gegend, wo de Lüc seine Beobachtungen gemacht hatte, die seiner Regel für die Höhenmessung mit dem Barometer zum Grunde lagen, so nahm er sich vor, die Versuche daselbst zu wiederhohlen. Er hatte zwey Barometer mit Behältnissen von Ramsden mit, und einige genaue Thermometer nebst einem Aequatorialinstrument, dessen getheilter Bogen von 7 Zoll Durchmesser war. Zuerst stellte er den Versuch auf dem Berge Saleve an, maß zuförderst die Höhe desselben geometrisch, und fand diese von dem Niveau des einen Endpunktes seiner Standlinie an gerechnet 2831,76 Fuß, welche Messung er bis auf 3 oder 4 Fuß für richtig hält. Die Beobachtungen wurden mit der größten Sorgfalt angestellt, und in diesen glaubt er bis auf $\frac{8}{100}$ Zoll sicher zu seyn. Die Beobachtung selbst berechnete er nach de Lüc's Methode, welche Horsley auf Englisches Maaß reducirt hatte. Seine gefundenen Resultate schienen zu beweisen, daß die Regel des Herrn de Lüc fehlerhaft sey, und dieß brachte ihn auf die Vermuthung, als ob das Verhältniß der specifischen Gewichte des Quecksilbers und der Luft nicht richtig, und die Einem Zoll Quecksilber gleich wiegende Luftsäule wohl

p) Philos. Transact. 1774. Vol. LXIV. P. I. n. 20.

wohl um $\frac{1}{43}$ oder um 23,1 Fuß auf jede 1000 Fuß zu klein angenommen wäre.

Dieß veranlaßte dem Herrn Shuckburgh, des Herrn de Lüc's Regel auf höhern Bergen weiter zu prüfen. Zu dieser Absicht begab er sich auf den Berg Mole bey Genf, in Gesellschaft der Herren de Saussure und Trembley, und die Resultate dieser Beobachtungen gaben auch hier beynahe den nämlichen Fehler, wie auf dem Berge Saleve. Dadurch ward Herr Shuckburgh in seinem Urtheile bestärkt, daß entweder das specifische Gewicht des Quecksilbers und der Luft jetzt anders seyn müßte, als es 1756-1760. gewesen ist, wo Herr de Lüc seine Beobachtungen machte, oder aber einer von beyden müßte in den Beobachtungen selbst geirrt haben. Indessen schien ihm der Fehler nicht daher zu rühren, daß des Herrn de Lüc's Barometer heberförmig, das seinige aber ein Gefäßbarometer war, weil Herr de Saussure selbst mit dem heberförmigen Barometer Beobachtungen anstellte, und den Unterschied der seinigen und der von Shuckburgh gemachten ganz unbeträchtlich fand. Zu gleicher Zeit beobachtete auch der Bruder des Herrn de Lüc auf dem Berge Mole, woraus sich ergab, das Herr de Lüc das specifische Gewicht der Luft zu klein angenommen haben müsse.

Auch bey der Verbesserung wegen der Wärme glaubt Shuckburgh Fehler entdeckt zu haben. Aus Versuchen, welche er über die Ausdehnung der Luft durch die Wärme angestellt hatte, wobey das Volumen beym Eispunkte um 2,43 Tausendtheile stieg, wenn sich die Wärme um 1 Grad änderte, hielt er sich berechtigt, zu schließen, daß die Temperatur, bey welcher die Differenz der Logarithmen die Höhe un-

mittelbar in englischen Klaftern giebt, nicht 39,7, wie nach Horsley aus de Lüc's Formeln folge, sondern 31,4 Grad nach Fahrenheit, mithin beynahe der Eispunkt selbst sey. Darauf gründet er nun eine sehr weitläuftige ganz neue Berechnung, welche von seinen zu dieser Absicht mitgetheilten Tabellen abhängt.

Auch William Roy hat in eben dem Bande der philosophischen Transactionen die Regeln des Herrn de Lüc einer Prüfung unterworfen. Sorgfältig angestellte Versuche über die Ausdehnung der Luft im Amontons'schen Luftthermometer leiteten ihn auf die Folge, daß bey den gewöhnlichen Temperaturen die Ausdehnung der Luft, im Durchschnitt genommen, für jeden Grad veränderter Wärme 2,45 Tausendtheilchen des ganzen Volumens betrage, da de Lüc vermöge der Reduktion von Horsley nur 2,10 annehme, mithin für jeden Fahrenheit'schen Grad 0,35, d. i. $\frac{1}{7}$ der ganzen Ausdehnung zu wenig setze. Aus den durch ihn sehr scharf gemessenen Höhen der Berge Snowdon und Moel Ellio in Carnarvanshire glaubt er folgern zu können, daß die Temperatur, wobey keine Verbesserung nöthig ist, sehr nahe am Eispunkte sey, auch daß die Beobachtungen bey Sonnenaufgang, welche de Lüc wegläßt, gerade die zuverlässigsten sind. Seine Berechnung führt er zwar auch mit Logarithmen, zur Verbesserung wegen der Wärme aber giebt er Tabellen, und zum Ueberflusse auch Thermometerskalen an. Seine Verbesserung beträgt $+ \frac{m - 32}{408} x$, wenn m die mittlere Temperatur der Luftsäule in Fahrenheit'schen Graden ausdruckt, mithin ist nach ihm

x =

$$x = 10000 \left(1 + \frac{m - 32}{408}\right)(\log.\alpha - \log.y)$$

in englischen Klaftern, wenn α die an der Meeresfläche und y die an dem über der Meeresfläche erhabenen Orte beobachteten Barometerhöhen andeutet.

Herr de Lüc q) hat seine Regel in Schutz genommen, und ist der Meynung gewesen, daß die von Shuckburgh und Roy gefundenen Abweichungen daher rühren, weil sie ihre Beobachtungen mit dem Thermometer im Schatten, er aber beständig an der Sonne, anstellten. Uebrigens stellt Shuckburgh noch eine Vergleichung mit seinen und den von Roy gegebenen Regeln an, und findet sie in einigen Stücken von einander abweichend. Aus Messungen zeigt er, daß nach den seinigen die Höhe nur 2, nach Roy's Regeln aber 14 Zehntausendtheilchen zu groß erhalten werde.

Herr Nevil Maskelyne r) hat die Formeln des Herrn de Lüc für englisches Maaß und in Fahrenheit'schen Graden ausgedruckt, und in einigen Stücken bequemer gemacht. Der Siedpunkt, oder 212 Fahrenh. Grad, ist hier bey 30 engl. Zoll Barometerhöhe bestimmt, da ihn die französischen Künstler bey 27 Zoll zu bestimmen pflegen. Auch Horsley beschäftigte sich mit diesen Reduktionen, und giebt Vorschriften zur bequemen Anwendung der de Lüc'schen Regeln. Er zeigt die allgemeinen Gründe, Höhen und Barometerstände mit einander zu vergleichen, und bedient sich nach dem englischen Geschmacke, auf die Art wie Cotes, der logarithmischen

Linie.

q) Philos. Transact. 1778. Vol. LXVIII. P. I. n. 17.

r) Ibid. 1774. Vol. LXIV. P. I. n. 20.

Linie. In Ansehung der Verbesserung wegen der Temperatur der Luft kommt es nach ihm darauf an, daß sich durch die Wärme die Subtangente der logarithmischen Linie ändere. Unter der Subtangente versteht er die Höhe einer Säule flüssiger Materie, welche überall so dicht ist, als die unterste Luft, und so stark druckt, als die Atmosphäre. Zuletzt giebt er noch 4 berechnete Tafeln zur Verbesserung wegen des Siedpunkts; zur Vergleichung des de Lüc'schen Thermometers mit dem Fahrenheit'schen; zur Verbesserung wegen der Temperatur der Luft, und endlich Vorschriften zum Gebrauche dieser Tafeln.

Auch Herr Hofr. Zimmermann [s]) in Braunschweig hat viele barometrische Beobachtungen mit Anwendungen von Herrn de Lüc's Regeln angestellt. Am 21ten May 1775. beobachtete er auf dem Andreasthurme in Braunschweig mit einem de Lüc'schen Heberbarometer, und fand die Höhe desselben 114,91 Braunschw. Fuß; durch trigonometrische Messungen hatte er sie 115 Fuß gefunden. Nachher unternahm er eine Reise auf den Harz, und prüfte daselbst de Lüc's Regeln nicht allein auf Höhen, sondern auch in den Tiefen der Bergwerke, und fand sie mit den unmittelbaren Messungen und den Markscheideangaben ziemlich übereinstimmend [t]).

Noch näher hat Trembley [u]) des Herrn de Lüc's Vorschriften geprüft, wobey er vorzüglich die Absicht

s) Gelehrt. Beyträge zu den Braunschw. Anzeigen 1775. 45. u. 46. St.

t) Beobachtungen auf einer Harzreise, nebst einem Versuche, die Höhe des Brockens durch das Barometer zu bestimmen. Braunschw. 1775. 8.

u) Analyse des quelques experiences faites pour la determina-

Absicht gehabt hat, zu zeigen, wie nothwendig es sey, fernere Untersuchungen anzustellen. Nach seiner Meynung müsse man nämlich beständig zwey wesentlich verschiedene Rechnungen unterscheiden, und sie nie aus den Augen lassen: 1. die Rechnungen für die Normaltemperatur, bey welcher die Differenz der Logarithmen die Höhe unmittelbar in einem Maaße, z. B. in Tausendtheilchen der Pariser Toise u. s. f. giebt, wobey also weiter keine Verbesserung nöthig wäre; diese Berechnung nennt er die einfache Methode; 2. die Größe der Verbesserung für jeden Grad, um welchen die wirkliche Wärme von jener Normaltemperatur abweicht. Diese Rechnung mit der vorigen verbunden nennt er die berichtigte Methode. Wegen der Vernachlässigung dieser beyden von einander verschiedenen Stücke glaubt er mit Recht, den Ritter Shuckburgh und Horsley'n tadeln zu können. Denn wenn z. B. Shuckburgh der Methode des Herrn de Lüc den Fehler beymesse, daß sie die Höhe ohngefähr um $\frac{1}{50}$ zu klein angebe, und zur Berichtigung derselben Verbesserungstafeln mittheile, so vermische er den Fehler der einfachen und den der berichtigten Methode so mit einander, daß man nicht mehr erkenne, was der einen oder der andern zukomme. Daher berechnet Trembley 14 vom Ritter Shuckburgh angestellte Beobachtungen bey Genf und 83 von Roy in England gemachte, nebst noch einigen wenigen von de Saussüre und de la Caille, nach de Lüc's Vorschrift, vergleicht seine erhaltenen Resultate mit den geometrischen Messungen, und bringt alles in Tabellen, in welchen er die beobachteten mittleren Grade der Wärme, die Fehler der einfachen und

mination des hauteurs par le moyen du baromètre in *de Saussure* voyag. des Alpes. T. II. 1786. p. 616. sqq.

n', die der berichtigten Methode jeden besonders an-
iebt. Der Gebrauch dieser Tabellen ist nach ihm
olgender: für jeden Grad des Thermometers nimmt
r die zu demselben gehörigen Angaben der Tafeln zu-
ammen, sucht daraus ein arithmetisches Mittel, und
iese im Durchschnitt genommenen Mittelzahlen bringt
r in eine neue Tabelle nach den Graden des Reau-
mür'schen Thermometers geordnet. Diese Darstellung
giebt zu erkennen, daß die Beobachtungen von Shuck-
burgh und Roy für die Fälle, wo die Wärme 10
Grad und darunter ist, gut mit einander übereinstim-
men, dagegen Herrn de Lüc's Regel mit jenen nur
etwa bey 2 bis 3 Beobachtungen übereinkommt. Deß-
wegen nimmt er die vom Herrn de Lüc festgesetzte
Normaltemperatur von $16\frac{3}{4}$ Grad nicht an, sondern
setzt vielmehr dafür das Mittel zwischen Shuck-
burgh's und Roy's Normaltemperatur, wovon
jene fast 12°, diese 11°,25 ist, $= 11\frac{1}{2}°$, und sucht
für jede Angabe der letztern Tabelle den Coefficienten,
den man statt de Lüc's 215 brauchen müßte, wenn
das Resultat mit der geometrischen Messung überein-
stimmen soll. Die auf diese Weise berechneten Co-
efficienten hat er gleich mit in die vierte Spalte der
zuletzt angeführten Tabelle gebracht.

Von diesen Coefficienten, die ausgenommen, wel-
che von den übrigen am meisten abweichen, nimmt
er wiederum ein Mittel, und findet dafür 192.
Nachher berechnet er die 14 Beobachtungen von
Shuckburgh und die 83 von Roy unter der Vor-
aussetzung, daß die Normaltemperatur $11\frac{1}{2}$ Grad
nach Reaumur, und die Verbesserung für jeden Grad
Wärme $= \frac{1}{192}$ sey, und findet auf solche Art den
mittleren Fehler von Shuckburgh's Beobachtun-

gen nur $+ \frac{4}{1000}$; den von Roy's Beobachtungen aber $+ \frac{20}{1000}$, oder wenn er 5 sehr von einander abweichende, mehrentheils in großer Wärme gemachte Beobachtungen wegläßt, ebenfalls nur $+ \frac{4}{1000}$.

Die nämliche Normaltemperatur $11\frac{1}{2}^{0}$ mit dem nämlichen Coefficienten 192 findet er auch auf folgende Art. Nach Shuckburgh ist die Normaltemperatur $11\frac{3}{4}$ und nach de Lüc $16\frac{3}{4}$, mithin der Unterschied 5^{0}. Daher werden bey der de Lüc'schen Verbesserung $\frac{5}{215} = \frac{1}{43}$ mehr von der Höhe abgezogen, als bey der Shuckburg'schen. Da nun dieß $\frac{1}{43}$ eben das ausmacht, um welches Shuckburgh die de Lüc'schen Höhen zu klein findet, so erhellet, daß beyde nur in der Normaltemperatur abweichen, übrigens der Coefficient bey beyden einerley, also = 215 ist. Dagegen setzt Roy die Normaltemperatur $11\frac{1}{4}$, und wenn man die Höhe in englischen Faden verlangt, auf Null. Weil nun der englische Faden etwa um $\frac{1}{15}$ kleiner als die Pariser Toise ist, so muß man nach Roy auf $11\frac{1}{4}$ Grad Unterschied eine Verbesserung von $\frac{1}{15}$, also auf 1 Grad $\frac{1}{169}$ rechnen, woraus sich ergiebt, daß Roy's Coefficient = 169 sey. Das Mittel zwischen diesen beyden Methoden ist demnach in Ansehung der Normaltemperatur $(11\frac{3}{4} + 11\frac{1}{4}) : 2 = 11\frac{1}{2}$, und in Ansehung der Coefficienten $(215 + 169) : 2 = 192$, welches genau die oben gefundenen Data sind. Doch ist hiebey noch zu bemerken, das Roy eigentlich gar keinen beständigen Coefficienten setzt, sondern der Wirkung der Wärme für jeden Grad ein anderes Verhältniß giebt.

Der Umstand, daß Herr de Lüc sein Thermometer beständig im Sonnenlichte beobachtet, kann nach Trembley wohl einen Theil dieser Abweichungen,

aber

der doch nicht alles erklären; höchstens kann dieser Unterschied bis auf 5 Grad nach Fahrenheit sich erstrecken, da doch de Lüc's Normaltemperatur um 1 Grad höher, als bey Shuckburgh und Roy steht.

Nach diesem aus Shuckburgh's und Roy's Methoden gezogenen Mittel wäre mithin Trembley's Formel diese:

$$x = 10000\left(1 + \frac{\varrho - 11,5}{192}\right)(\log.\alpha - \log.y),$$

wenn ϱ den beobachteten Reaumür'schen Grad anzeigt. Hiernach berechnet nun Trembley noch einige Beobachtungen von den Herren de Saussure, Pictet und le Monnier, und bemerkt zuletzt, es sey noch zu früh, Skalen und Tabellen zu leichtern Berechnungen zu verfertigen, und überdieß lohne es nicht einmal der Mühe, weil die Formel an sich leicht und einfach sey. Vor der Hand wäre es nützlicher, jede Beobachtung auf den ihr zugehörigen Grad der Wärme zu beziehen, und wenn man auf diese Weise eine vollständige Sammlung werde erhalten haben, so könne man vielleicht erst eine möglichst richtige Regel geben.

Auch Herr Wünsch x) hat eine Formel angegeben, welche von dem Gesetze des Herrn Mariotte abweicht. Sie gründet sich auf die Sätze, daß sich die Dichtigkeit der Luft wegen des Gesetzes der Gravitation verkehrt wie die vierte Potenz der Entfernung von dem Mittelpunkte der Erde verhalte, und daß man

x) Neue Theorie von der Atmosphäre und Höhenmessungen mit Barometern. Leipz. 1782. 8.

man die so bestimmte Dichtigkeit wegen des Drucks der obern Luft auf die untere mit der halben untern Barometerhöhe multipliciren müsse, um die wirkliche Dichtigkeit zu erhalten. Hieraus soll nun eine Formel folgen, worin Differenzen der Wurzeln vierter Potenz aus den Barometerhöhen fast eben so gebraucht werden, wie sonst die Unterschiede der Logarithmen; deßwegen hat Herr Wünsch Tabellen über die Wurzeln vierter Potenz und ihrer Unterschiede berechnet. Allein die Gründe, worauf seine Formel beruht, sind bloße und höchst unwahrscheinliche Voraussetzungen.

Herr Rosenthal [y]) sucht anfänglich die Summirung von Schichten wieder hervor, deren jeder $\frac{1}{16}$ Linie Queckfilberfall zugehört. Diese Schichten berechnet er von 350 bis $187\frac{1}{2}$ Linien Barometerstand, wobey er den der untersten Schicht unbestimmt läßt, und ihn m nennt, daß folglich z. B. die Höhe derjenigen Schicht, welche dem Queckfilberstand von 200 Linien zugehört, $= \frac{350}{200}$. m wird. Die Höhen dieser Schichten, so wie ihre Summen von oben herab oder von der 3000sten an gerechnet, bringt er in Tabellen. Die beyden beobachteten Barometerhöhen muß man alsdann in selbigen nachschlagen, und die dabey stehenden Summen von einander subtrahiren, und diese Differenz noch mit m multipliciren. Um aber das m zu bestimmen, braucht er die Messungen des de Lüc so, daß er die dabey gefundenen Höhen durch die Anzahl der Sechszehntheile von Linien dividirt, welche man aus dem Unterschiede der Barometersäulen erhält. Er glaubt dadurch zu finden, wie viel Höhe auf

y) Beyträge zur Verfertigung, der wissenschaftlichen Kenntniß und dem Gebrauche meteorologischer Werkzeuge. Gotha. B. I. 1782. B. II. 1784. 8.

auf $\frac{1}{16}'''$ Unterschied der Quecksilberhöhe kömmt. Allein die Methode, zu addiren, was eigentlich integrirt werden muß, ist schon unrichtig, und wäre letzteres richtig, so könnten die Höhen durch die bloße Regeldetri gefunden werden. Indessen giebt ihm doch diese Methode aus vielen Beobachtungen im Durchschnitte den Werth seines $m = 4{,}6864$ Fuß, oder 0,781 Toisen bey der Temperatur von $16\frac{3}{4}$ Grad nach Reaumür.

Auch ändert Herr Rosenthal die Verbesserung wegen der Wärme der Luft. Lambert hatte nämlich in seiner Pyrometrie die Ausdehnung der Luft vom Eis- bis zum Siedpunkte $\frac{370}{1000}$ des ganzen Volumens befunden. Da aber de Lüc an seiner Skale 372 Grade zwischen beyden festen Punkten gesetzt hat, so glaubt Herr Rosenthal beyde mit einander vereinigen zu können, setzt aber der leichtern Rechnung wegen 1000 an den Punkt der Normaltemperatur, bey welchem Lambert 1077 hat. Daher muß an den Eispunkt 928 und an den Siedpunkt 1272 kommen. Zeigt nun das Thermometer an der untern Station z. B. 1114, an der obern 1096, so ist bloß die mittlere Wärme 1105 mit der gefundenen Höhe zu multipliciren, und das Produkt durch 1000 zu dividiren, weil sich hiebey die ganze Luftsäule, in Vergleichung mit der Größe der Normaltemperatur, im Verhältnisse 1000 : 1105 verändert hat.

Auch giebt Rosenthal noch eine Abänderung der logarithmischen Formel an. Wenn ein Heberbarometer unten im längern Schenkel a, im kürzern b, oben auf dem Berge in dem längern α und im kürzern β zeige, und die Normallänge sey $= \lambda$, so ist der berich-

 tigte

tigte Barometerstand unten $= \frac{a-b}{a+b} \cdot \lambda$, oben $\frac{\alpha-\beta}{\alpha+\beta} \cdot \lambda$; mithin die Differenz ihrer Logarithmen $l. \frac{a-b}{a+b} \cdot \lambda - l. \frac{\alpha-\beta}{\alpha+\beta} \cdot \lambda$, welche nun noch mit 1000 multiplicirt, und wegen der Wärme der Luft berichtigt werden muß, um die wahre Höhe zu finden. Nach dieser Regel hat man 1. das eine Thermometer nicht nöthig, welches de Lüc am Brete des Barometers angebracht hat; 2. bringt sie die Quecksilberhöhen auf die Normaltemperatur selbst, da de Lüc sie nur auf 10° nach Reaumür bringt, und folglich wärmere Luft mit kälterem Quecksilber vergleicht. Wäre es überdem möglich, vollkommen gleich weite Barometerröhren zu erhalten, und nichts von dem Quecksilber aus der Röhre zu verlieren, so würde dieß eine wesentliche Verbesserung der de Lüc'schen Methode seyn, ob man gleich dabey mehr zu rechnen und 4 Logarithmen zu suchen hat.

Herr Kramp [z]) ward durch Bouguer's, Lambert's und de Lüc's Schriften auf einige Ideen geführt, welche ihm dienten, verschiedenes zu den Höhenmessungen gehörige deutlicher zu bestimmen. Herr Kramp, welcher seiner Theorie gemäß bloß auf hyperbolische Logarithmen sieht, findet

$$x = \gamma\,(\text{log. nat. } \alpha - \text{log. nat. } y),$$

wo γ die Subtangente der logarithmischen Linie bedeutet, die jederzeit der specifischen Elasticität der Luft proportional ist. Es ändert sich folglich diese Subtangente durch die Wärme, weil diese eine Aenderung in

z) Geschichte der Aerostatik. Straßburg 1784. Th. I. Abschn. 5, 6, 7 und Anhang zur Geschichte der Aerostatik. Frankf. u. Leipz. 1786. 8.

in der specifischen Elasticität der Luft hervorbringt. So ist z. B. bey de Lüc γ nur alsdann 4342, oder nach Kramp genauer 4342,704 Toisen, wenn die Temperatur $16\frac{3}{4}$ Grad nach Reaumür ist, und ändert sich für jeden Grad Wärme um $\frac{1}{215}$. Daher ist diese Größe für ϱ Reaumür'sche Thermometergrade mit $1 + \frac{\varrho - 16,75}{215}$, oder mit $\frac{18440 + 93\varrho}{20000}$ zu multipliciren. Gesetzt also, γ und x seyen zwey Grade der specifischen Elasticität der Luft, und die dazu gehörigen Grade der Wärme nach Reaumür ϱ und R, so wird $\gamma : x = \frac{198\frac{1}{4} + \varrho}{215} : \frac{198\frac{1}{4} + R}{215}$ $= 198\frac{1}{4} + \varrho : 198\frac{1}{4} + R$. So verhalten sich z. B. die specifischen Elasticitäten der Luft für den Eis- und Siedpunkt nach Reaumür wie $198\frac{1}{4} : 278\frac{1}{4}$ d. i. beynahe wie $5 : 7$.

Nach Herrn de Lüc verändern sich die Höhen bey jedem Grade Aenderung der Wärme gleich viel, welches aber in aller Schärfe nicht richtig ist. Daher findet Kramp in der Theorie noch zwey wesentliche Abänderungen. Zuerst nimmt er nicht, wie de Lüc, zur Normaltemperatur $16\frac{3}{4}$, sondern nur 0 Grad nach Reaum. an, und setzt die specifische Elasticität der Luft bey diesem Grade $= 1$. Auf diese Weise ist dieselbe für jeden andern Grad R, $\frac{198\frac{1}{4} + R}{208\frac{1}{4}}$. Ferner vergleicht er Herrn de Lüc's Angaben mit der Aenderung der astronomischen Strahlenbrechung, welche nach Mayer um $\frac{1}{22}$ wächst, so oft das Reaumür'sche Thermometer bey unveränderlichem Barometerstande 10 Grad herabfällt;

 dieß

dieß beträgt also für Einen Grad $\frac{1}{220}$, und findet eigentlich bey der Temperatur 10 Grad nach Reaum. statt. Da nun bey unverändertem Barometerstande die specifische Elasticität im verkehrten Verhältnisse der Dichtigkeiten oder der Strahlenbrechung ist, so wird jene für ϱ Grad Wärme mit $1 + \frac{\varrho - 10}{200}$ oder mit $\frac{210 + \varrho}{220}$ zu multipliciren seyn, und sich daher wie $210 + \varrho$ oder wie $1 + \frac{\varrho}{210}$ verhalten. Nach Herrn Kramp scheint diese Bestimmung richtiger zu seyn, als die des Herrn de Lüc, welcher $1 + \frac{\varrho}{198\frac{1}{4}}$ setzt.

Hiernach wird sich also die Subtangente, welche bey $16\frac{3}{4}$ Grad nach Reaumür 4342,704 war, und dem Bruche $1 + \frac{\varrho}{210}$ proportional bleibt, für 10 Grade in dem Verhältnisse $226\frac{3}{4} : 220$ vermindern, folglich 4213,440 Toisen gleich werden, und der 220. Theil davon, oder 19,152 Toisen, wird die Veränderung für jeden Grad des Thermometers seyn. Darnach hat Herr Kramp eine Tafel berechnet, worin die Elasticität und Subtangente für jeden Grad des Thermometers angezeigt sind. Diese Tafel giebt also die Subtangente für jede mittlere Wärme, und dieß mit dem Unterschied der hyperbolischen Logarithmen multiplicirt zeigt sogleich die wahre Höhe x. Auch erhält man sogleich, wie viel mal die Luft leichter als das Quecksilber ist, wenn man die Subtangente durch die Barometerhöhe dividirt.

Im-

Indessen hatte Herr Hofrath Mayer in einem Programm: De refractionibus astronomicis. Altorf. 1781. vorläufig eine Theorie der Wärmemessung angegeben, und daselbst eine Formel für das Höhenmessen gezeigt, wenn man für das Gesetz der von unten nach oben abnehmenden Wärme eine gewisse Hypothese gebrauchen will. Diese Formel hatte er aber daselbst nicht näher entwickelt, und dadurch anwendbarer gemacht. Inzwischen hatte die königliche Societät zu Göttingen über diesen Gegenstand eine Preisaufgabe für das Jahr 1785. vorgelegt. Dieß bewog dem Herrn Hofr. Mayer, seine vorigen Gedanken etwas umständlicher aus einander zu setzen, und seine Resultate in einer besondern Schrift [a]) darzustellen. Seine Untersuchungen betrafen nun vorzüglich folgende Gegenstände: 1. was ist die Wärme überhaupt, und wie wird sie gemessen? 2. Nach welchem Gesetze verändert sich die Dichtigkeit der Luft? 3. Wie nimmt die Wärme in der Atmosphäre von unten nach oben zu ab? 4. Was hat sie für Einfluß auf das Quecksilber im Barometer, oder wie viel beträgt für jede gegebene Wärme die Verlängerung der Quecksilbersäule in einem Barometer? Seiner Theorie zu Folge schien das allgemeine Gesetz hervorzugehen, daß sich die Differenzen der Räume, in welche sich ein Körper ausdehnt, wie die Differenzen der Temperaturen verhalten. Daraus hat Herr Mayer eine Differenzialformel hergeleitet, welche beweißt, daß die Aenderung der Elasticität, welche bloß von der Wärme her-

a) Physik. mathem. Abhandlung über das Ausmessen der Wärme in Rücksicht und mit Anwendung auf das Höhenmessen mittelst des Barometers. Frankf. und Leipz. 1786. 8.

herrührt, der Aenderung der Wärme selbst proportional sey. Dieß wendet er nach vorhergegangenen Versuchen über die Ausdehnungen der Luft auf die barometrische Höhenmessung an, und zeigt, wie de Lüc's Verbesserung um $\frac{1}{215}$ für jeden Grad nach Reaum. aus den Versuchen und der Differenzialformel folge. Daher behauptet Herr Mayer, de Lüc's Angabe von $\frac{1}{215}$ sey in allen Fällen so hinreichend, daß keine Verbesserung nöthig sey.

Christ. Heinr. Damen[b]) hat sich mit diesem Gegenstande ebenfalls beschäftigt, und die Verbesserung wegen der Wärme nach Herrn de Lüc's Vorschriften auf eine bequeme analytische Formel zu bringen gesucht. Man setze nämlich zwey Säulen, die eine mit Quecksilber, und die andere mit Luft gefüllt, welche mit einander im Gleichgewicht sind. Die Höhe der erstern setze man $= y$, die der andern $= x$, und die Quecksilbersäule falle um die kleine Höhe dy. Wenn nun die Dichtigkeit der Luft an derjenigen Stelle, wo die Entfernung von der Oberfläche der Erde $= x$, und die Barometerhöhe $= y$ ist, mit δ bezeichnet wird, und die Dichtigkeit des Quecksilbers wird $= 1$ gesetzt, so daß δ das Verhältniß zwischen den Dichtigkeiten der Luft und des Quecksilbers ausdrückt, so wird δdx dem Gewicht des Elements der Luftsäule gleich seyn. Diesem Gewichte ist aber das Gewicht einer Quecksilbersäule gleich, deren Höhe dy ist; demnach erhält man folgende Differenzialgleichung $-dy = \delta dx$; dy muß hier negativ werden, weil y abnimmt, während x wächst. Aber die Dichtigkeit der Luft δ ist der Höhe des Barometers proportional; setzt man demnach

b) Diss. physica et mathem. de montium altitudine barometro metienda. Hagae Com. 1783. 8.

nach y statt δ, so wird $-dy = y\,dx$, und $-\frac{dy}{y} = dx$, folglich log. $y = x + \text{const.}$ Um die const. zu bestimmen, ist zu bemerken, daß an der Stelle, wo die Höhe über der Erdfläche α ist, die Höhe des Barometers, welche β heißen mag, durch Beobachtung bestimmt werden kann. Wenn daher $x = \alpha$ ist, so wird $y = \beta$, und $-\log.\beta = \alpha + \text{const.}$ mithin $\text{const.} = -\log.\beta - \alpha$; folglich erhält man $-\log. y = x - \alpha - \log.\beta$, oder $\log.\beta - \log. y = x - \alpha$ und $\log.\frac{\beta}{y} = x - \alpha$. In dieser Formel ist α die Entfernung des Orts von der Oberfläche der Erde, wo β die Höhe des Barometers ist, und y ist die Höhe des Barometers an derjenigen Stelle, welche über der Oberfläche der Erde auf x erhaben ist. Hat man demnach durch Beobachtungen α, β und y bestimmt, so findet man x, oder die Höhe über der Oberfläche der Erde. Wäre $\alpha = 0$, d. h. wenn die Höhe der Quecksilbersäule β an der Meeresfläche genommen wird, so wird $\log.\frac{\beta}{y} = x$.

Durch die Gleichung $-\frac{dy}{y} = dx$ wird die Natur der logarithmischen Linie ausgedruckt, deren Subtangente $= 1$, die Abscisse x und die dazu gehörige Applikate y ist. Da nun bey dieser Curve die Abscissen eine arithmetische, und die dazu gehörigen Applikaten eine geometrische Progression ausmachen, so folgt, daß die Barometerhöhen, und die ihnen proportionalen Dichtigkeiten der Luft in einer geometrischen Progression sich befinden, so oft die Entfernungen

gen von der Oberfläche der Erde in arithmetischer Progression sind.

Wäre für die Höhe X die Barometerhöhe Y, so ist ebenfalls $\log.\frac{\beta}{Y} = X - \alpha$, und es ergiebt sich folgende Proportion: $\log.\beta - \log.Y : \log.\beta - \log.y = X - \alpha : x - \alpha$ d. h. die Differenzen der Entfernungen der Stellen in der Atmosphäre von einander sind mit den Barometerhöhen in gleichem Verhältnisse.

Man würde durch die Gleichung $\log.\frac{\beta}{y} = x$ die Höhe x genau finden können, wenn die Dichtigkeit der Luft in verschiedenen Theilen der Atmosphäre von keiner andern Ursache, als von dem Druck der homogenen Luftsäule abhienge. Da dieß aber nicht statt findet, so untersuchte Damen diesen Gegenstand genauer, und fand, daß die logarithmische Größe noch mit einem Coefficienten λ multiplicirt werden müsse, so daß $\lambda.\log.\frac{\beta}{y} = x - \alpha$ ist, woraus $\lambda = \frac{x - \alpha}{\log.\frac{\beta}{y}}$ gefunden wird.

In der größten Allgemeinheit handelt Herr Hennert in seiner 1785. gekrönten Preisschrift die Theorie der Höhenmessung mit dem Barometer ab. Wenn sich nämlich die Dichtigkeiten zweyer Luftmassen wie D : d, die Wärmen, d. h. Luftsäulen, welche bey einer gewissen Dichtigkeit und bey den statt findenden Temperaturen von ihnen getragen werden können, wie C : γ, die Quecksilbersäulen, welche sie tragen, wie α : y verhalten, so zeigt er, daß $\frac{\alpha}{DC} = \frac{y}{\delta\gamma} = A$

eine

eine beständige Größe sey. Nach den gewöhnlichen Schlüssen folgt nun die Formel $\delta dx = -dy$, oder $\frac{ydx}{\gamma} = -Ady$, woraus man nach gehörigem Integriren $\delta . \frac{dx}{\gamma} = A \log. nat. \frac{\alpha}{y}$ erhält.

Die Verbesserung wegen der Wärme des Quecksilbers richtet er so ein, daß sie nach einer von ihm mitgetheilten Tafel nur aus dem untern Barometerstande α vorgenommen werden darf, den er alsdann α corr. nennt. Will man statt der hyperbolischen Logarithmen Briggische gebrauchen, so darf man nur A mit 2,30258 .... multipliciren, wodurch es sich in B verwandelt. Um nun noch $\frac{dx}{\gamma}$ zu integriren, nimmt er $\gamma = C\left(1 + \frac{\varepsilon x}{\alpha}\right)$ an, und findet mit Weglassung kleiner Größen

$$x = \frac{2C\gamma}{C+\gamma} . B \log. \frac{\alpha . corr.}{y},$$

wo C und γ aus mitgetheilten Tabellen durch die Grade des Fahrenheit'schen Thermometers an beyden Standpunkten gegeben sind. Auch zeigt Herr Hennert, daß diese seine Regel mit den meisten Erfahrungen übereinstimme.

Herr Gerstner [c]) in Prag hat die Messungen des Herrn de Lüc ebenfalls geprüft, und gefunden, daß der Wärmegrad, für welchen die Differenz der Loga-

c) Beobachtungen über den Gebrauch des Barometers bey Höhenmessungen in den Beobachtungen auf Reisen nach dem Riesengebirge; herausg. von Jrasek, Haenke, Gruber und Gerstner. Dresden 1791. 4.

garithmen der Barometerhöhen, als ganze Zahlen betrachtet, die Höhe unmittelbar in Tausendtheilen der Toise giebt, oder für welche die Pariser Toise $x = 10000 (\log. \alpha - \log. y)$ ist, nicht allenthalben auf $+ 16\frac{3}{4}$ Grad des Quecksilberthermometers von 80 Graden gesetzt werden könne, sondern bey größern Höhen kleiner als nahe an der Erdfläche angenommen werden müsse. Die Beobachtungen, welche er auf dem Riesengebirge anstellte, bewiesen, daß dieser Wärmegrad, wenn x nahe an 40 Toisen kömmt, auf 18, hingegen wenn x sich der Größe von 500 Toisen nähert, auf 12 Grad zu setzen sey, und daß für Höhen, welche zwischen 40 und 500 Toisen liegen, ein verhältnißmäßiger Werth zwischen 18 und 12 statt finde. Bedeutet nun der gehörige Grad der Normaltemperatur $= \beta$, und setzt man dieß für $16\frac{3}{4}$, so verwandelt sich die von de Lüc angegebene Formel in

$$x = 10000 \left(1 + \frac{\varrho}{215} - \frac{\beta}{215} \right) (\log. \alpha - \log. y)$$

$$= 10000 \left(\frac{215 + \varrho - \beta}{215} \right) (\log. \alpha - \log. y),$$

mithin der Coefficient $\gamma e = 10000 \left(\frac{215 + \varrho - \beta}{215} \right)$.

Wenn man nun allemal den Wärmegrad β für jeden Fall richtig bestimmen könnte, so würde diese Formel in Ansehung der Richtigkeit alle bisher bekannten übertreffen. Allein Herr Gerstner bemerkt ganz richtig, daß hier Umstände in Betrachtung zu ziehen sind, von welchen der Werth von β abhängt, und welche so leicht nicht ergründet werden können, indem nämlich der Zustand der Luft an einem und demselben Orte zu veränderlich ist. Um diesen genau aufzudecken, müßten bey jeder Beobachtung außer dem

Ther-

Thermometer vielleicht noch viele andere Werkzeuge, als das Hygrometer, Eudiometer, Luftelektrometer u. a. m. zu Rathe gezogen, und ihre Angaben mit in die Formel gebracht werden. Allein dieß sey mit Schwierigkeiten verknüpft, indem man sich erst vollkommen versichern müsse, daß eines von diesen Werkzeugen sicher gebraucht werden könne. Er schlägt daher vor, die Dichtigkeit der Luft an beyden Enden der auszumessenden Höhe lieber durch Abwägung mit seiner angegebenen Luftwage zu bestimmen. Da es nämlich bey den barometrischen Höhenmessungen vorzüglich auf die specifischen Gewichte der Luft und des Quecksilbers, oder auf das Verhältniß $\mu : 1$ ankommt, welches bey einer solchen Abwägung für beyde Enden der zu bestimmenden Höhe durch Beobachtung unmittelbar gefunden wird, so kann man dabey das Thermometer und alle übrige Werkzeuge entbehren.

Man nehme also an, die Barometerhöhe bey f (fig. 67.) im Horizonte sey $= \alpha$, das durch die Luftwage gefundene Gewicht eines Cubikzolls Luft $= l$, das Gewicht eines Cubikzolls von demjenigen Quecksilber, welches das Barometer enthält, $= q$, so ist die Dichtigkeit der Luft daselbst $\mu = \frac{l}{q}$; ferner sey bey h die Barometerhöhe $= \varphi$, das Gewicht eines Cubikzolls Luft $= \lambda$, und die Dichtigkeit desselben $= \nu = \frac{\lambda}{q}$. Nun müßte man zur Bestimmung der Höhe fh eigentlich noch das Gesetz wissen, wonach sich die Dichtigkeit der Luft von f bis h ändert. Da aber dieses aus den Erfahrungen nicht bekannt ist, so muß man zu Hypothesen seine Zuflucht nehmen. Zuerst setze man, diese Aenderung erfolge gleichförmig,

d. h.

d. h. daß in jedem Zwischenpunkte k die Dichtigkeit von f aus gerade um so viel abgenommen habe, als mit der Höhe fk gerade im Verhältnisse steht, so wie die meisten Physiker die Wärme von unten nach oben zu abnehmen lassen. In diesem Falle kann man also die Dichtigkeit der Luft im Durchschnitte gleichförmig, oder die Dichtigkeit der ganzen Luftsäule fh durchaus $= \frac{1}{2}(\mu + \nu)$ annehmen, und man findet die Höhe

$$\odot)\ fh = \frac{\alpha - \varphi}{\frac{1}{2}(\mu + \nu)} \text{ oder } \frac{\alpha - \varphi}{\frac{1}{2}(l - \lambda)} \cdot q$$

So fand Herr Gerstner die Höhe der Schneekoppe über Marschendorf aus den Beobachtungen des Barometers und der Luftwage 544,4 Klaftern, welche die geometrische Messung auf 545 Klaftern gab, wobey also nach dieser die Höhe nur um 0,6 Klaftern oder $3\frac{3}{5}$ Fuß größer gefunden wurde. Uebrigens zeigen Herrn Gerstner's Beobachtungen, daß diese Voraussetzungen bey geringen Höhen, welche z. B. nicht über 350 Klaftern betragen, sehr genau zutreffen, und daß selbst bis auf 600 Klaftern der Fehler nicht beträchtlich ist.

Will man hingegen bey größern Höhen die Unterschiede der Dichtigkeiten der Luft den Unterschieden der Barometerhöhen proportional setzen, so bedeute die Barometerhöhe in $k = y$, und $fk = x$, und es wird nach dieser Voraussetzung $\alpha - \varphi : x - y = \mu - \nu : \mu -$ Dichtigkeit in k seyn müssen, woraus die Dichtigkeit in $k = \mu - (\mu - \nu)\left(\frac{\alpha - y}{\alpha - \varphi}\right)$ gefunden wird. Setzt man nun eine unendlich kleine Höhe über $k = dx$, so ist das Gewicht der Luftsäule von der Höhe dx

$$\mu dx - (\mu - \nu)\frac{\alpha - y}{\alpha - \varphi} dx = - dy.$$

Wird

Wird nun die Differenzialgleichung gehörig geordnet, und so integrirt, daß x für $y = \alpha$ verschwindet, so ergiebt sich

$$x = \frac{\alpha - \varphi}{\mu - \nu} \text{ log. nat. } \frac{\mu(\alpha - \varphi)}{\mu(y - \varphi) + \nu(\alpha - y)}$$

und für $y = \varphi$, wobey sich x in fh (fig. 6.) verwandelt

$$☽) \quad fh = \frac{\alpha - \varphi}{\mu - \nu} \text{. log. nat. } \frac{\mu}{\nu}.$$

Wenn μ und ν nicht sehr von einander abweichen, so kann man alsdann auch setzen

$$\text{log. nat. } \frac{\mu}{\nu} = 2 \frac{\mu - \nu}{\mu + \nu}$$

dadurch verwandelt sich alsdann die Formel ☽) mit gehöriger Substitution in die ☉), und daraus ist klar, daß man bey geringen Höhen die sehr einfache Formel ☉) sicher gebrauchen könne.

Auch hat la Place in seiner Darstellung des Weltsystems einiges über die Höhenmessung mittelst des Barometers beygebracht. Er sagt: wäre die Wärme der Atmosphäre zu jeder Zeit und in ihrer ganzen Ausdehnung der des schmelzenden Eises gleich, so würde daraus folgen, daß man durch die Multiplikation des Logarithmen der Tafeln von dem Verhältnisse der auf zwey beliebigen Stationen beobachteten Barometerhöhen mit 55326 Fuß, die Höhe der einen dieser Stationen über die der andern erhielte. Aber diese Höhe erfordert eine Berichtigung wegen des Irrthums der Voraussetzung einer gleichförmigen Dichtigkeit und einer dem Nullpunkte gleichen Temperatur. Man sieht leicht ein, daß, wenn die mittlere Temperatur der zwischen zwey Stationen enthaltenen Luftschicht größer als Null ist, ihre Dichtigkeit kleiner

wird, und man sich noch höher erheben muß, um das Barometer um eben so viel fallen zu machen. Man muß daher den Multiplikator (55326 Fuß) um $\frac{1}{250}$ desselben so vielmal genommen vermehren, als man Grade dieser mittleren Temperatur hat. Zu dem Ende beobachtet man auf beyden Stationen die Grade des Thermometers, multiplicirt ihre Summe mit 110,65 Fuß und addirt das Produkt zu 55326 Fuß. Noch muß man bey den Barometerhöhen eine kleine Berichtigung wegen des Unterschieds der Temperatur der beyden Stationen anbringen. Die Dichtigkeit des Quecksilbers ist nicht an beyden Stationen einerley; nun beträgt seine Ausdehnung für eine Zunahme seiner Temperatur um Einen Grad $\frac{1}{5412}$ seines Volumens; daher muß man die Barometerhöhe an der kältern Station um $\frac{1}{5412}$ derselben so vielmal genommen vermehren, als der Unterschied der Temperatur beyder Stationen Grade hat. Vermittelst dieser Regel erhält man sehr nahe den Unterschied ihrer Höhen, wenn sie nicht viel von einerley Vertikallinie abweichen.

In seinem vortrefflichen neuesten Werke Mécanique céleste (T. I.) hat Herr la Place aus der Betrachtung, daß die Schwere auf der Erdfläche mit der geographischen Breite zunehme, eine Verbesserung bey genauer Berechnung der Berghöhen aus barometrischen Beobachtungen herzuleiten gesucht, welche nie vernachlässigt werden dürfe. Herr Rohde[d]) prüfte Herrn la Place's gefundene Grundgleichung, und fand, daß sie eine solche Correction nicht liefere, indem

d) Ueber Laplace's neue Verbesserung der aus barometrischen Beobachtungen berechneten Berghöhen. Halle 1803. 4.

indem sie in beträchtlichen Höhen über der Meeresfläche allemal negativ seyn würde, da sie doch nothwendig positiv seyn muß. Er zeigt, daß man bey Bestimmung einer Regel zur Verbesserung der berechneten Barometerhöhen aus barometrischen Beobachtungen nicht allein auf die Betrachtung: daß die Schwere mit der geographischen Breite zunehme, sondern auch: daß sie in merklichen Höhen abnehme, sehen müsse. Setzt man den Winkel, welchen die Erdaxe mit einem Radiusvektor macht, $= \Theta$, so findet Herr Rohde die Verbesserung $x = \Theta \left(\log. \beta - \log. \beta' - \frac{t - t'}{10000}\right)\left(1 + \frac{\Theta}{a} \left(2{,}8943 + \frac{t + t'}{10000} - \log. \beta - \log. \beta'\right)\right)$ in welcher Formel die Logarithmen Briggisch und β, β' die beobachteten Barometerhöhen in Pariser Zollen sind. Die Werthe von Θ hat Herr Rohde für jede Temperatur $\left(\frac{t + t'}{2}\right)$ in Pariser Fußen nach de Lüc, Laplace und Trembley in eine Tabelle gebracht; t' und β' endlich beziehen sich auf die obere Station, und a ist der Halbmesser der Erde.

Endlich hat Herr Brandes [e]) einen Fehler selbst bey Herrn Rohde's Untersuchungen entdeckt, und gezeigt, daß Hrn. Laplace's Fehler von so großer Erheblichkeit nicht ist. Uebrigens giebt er eine eigene Formel der Verbesserung an, welche die richtige seyn soll.

Die

e) Voigt's Magazin. B. VI.

Die Erdkugel, als Planet betrachtet.

Ueber die Einwirkung der Sonnenwärme auf die verschiedenen Erdstriche hatte besonders der berühmte Göttingische Astronom Mayer Untersuchungen angestellt, und eine allgemeine Theorie für die mittlere Wärme der Oerter herzuleiten gesucht (Th. IV. S. 435. ff.). Lichtenberg hat zu den Mayerschen Abhandlungen bemerkt, daß die nach seinen Tafeln berechneten mittleren Wärmen mit den beobachteten, welche der P. Cotte[f]) mittheilt, sehr wohl übereinstimmten, so weit sie den Raum der Erdfläche betreffen, der zwischen den Parallelen von Stockholm und dem Cap der guten Hoffnung, und zwischen den Meridianen von Stockholm und Mexico eingeschlossen ist.

Herr Kirwan[g]) hat den von Mayer gethanen Vorschlag weiter zu verfolgen gesucht, und deßwegen vorzüglich eine Gegend gewählt, wo die Localursachen, die so großen Einfluß auf das Klima haben, größten Theils wegfallen. Diese glaubt er im atlantischen Meere zwischen 80° nördlicher und 45° südlicher Breite zu finden. Von diesem großen Theile der Erdfläche theilt er über die mittlere Wärme eine Tafel mit, welche sich von der Mayer'schen nur darin unterscheidet, daß die Berechnung nach Fahrenheitschen Graden angestellt, und die mittlere Wärme unter den Polen nicht auf den Frostpunkt, sondern auf 31 Grad nach Fahrenheit gesetzt ist.

In Ansehung der jährlichen Abwechselung nimmt er den April für denjenigen Monat an, dessen mittlere

f) Traité de méteorologie. Paris 1774. 4.

g) An estimate of the temperature of different latitudes. Lond. 1787. 8. Kirwan's Angabe der Temperatur von den verschied. Breiten u. s. f. a. d. Engl. von Crell Berlin 1788. 8.

lere Wärme mit der in der Tafel angegebenen am nächsten übereinkommt, berechnet hieraus die Wärme für die Monate May, Junius, Julius und August nach dem Verhältnisse des Sinus der Sonnenhöhe; für die übrigen Monate hingegen nimmt er wegen des Einflusses der Grundwärme die wahre Wärme für das arithmetische Mittel zwischen der berechneten und der mittleren an. Nach seiner Versicherung hat diese Bestimmung die besten übereinstimmenden Resultate mit den Beobachtungen gegeben. Hierüber giebt er eine Tabelle für alle Grade der Breite und alle Monate des Jahres an, die aber schon sehr weit von der Mayer'schen abweicht. In Ansehung der täglichen Veränderung setzt er die größte Kälte $\frac{1}{2}$ Stunde vor Sonnenaufgang; die größte Wärme zwischen 60° und 45° Breite um $2\frac{1}{2}$ Uhr, zwischen 45° und 35° um 2 Uhr, zwischen 35° und 25° um $1\frac{1}{2}$ Uhr, zwischen 25° und dem Aequator um 1 Uhr Nachmittags.

Diese regelmäßige Temperatur leidet aber eine sehr große Abänderung durch Localumstände, z. B. durch Höhe, Entfernung vom Meere, Berge, Wälder und dergl. Wegen der Höhe ist die mittlere Wärme auf jede 200 englische Meilen um $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Grad zu vermindern, um $\frac{1}{4}$ nämlich, wenn sie sich in einer Weite von einer englischen Meile nur um 6 Fuß, um $\frac{1}{2}$, wenn sie sich um 15 Fuß und darüber erhebt. Im Sommer ist gewöhnlich das feste Land 8 bis 10 Grad wärmer, und im Winter eben so viel kälter, als das Meer. Dieß hebt sich zwar in Rücksicht der mittleren Wärme das ganze Jahr hindurch auf; doch aber bleibt eine Ungleichheit übrig, weßwegen für 50 Meilen Abstand vom Meere unter der Breite

von 70 Graden $\frac{1}{3}$ Grad abzuziehen, bey 10° hingegen 1 Grad hinzuzusetzen ist, da bey 30° die mittlere Wärme unverändert bleibt u. s. w.

Diese Regeln werden nun auf die Temperaturen einzelner Länder und Oerter angewendet, und mit den Beobachtungen verglichen. Folgende Sätze enthalten die Resultate hievon:

1. Der kälteste Monat ist der Januar, in den Breiten über 48° hinaus, der wärmste der Julius, in geringern Breiten der August.

2. Die Monate December und Januar, und Junius und Julius sind wenig von einander verschieden. Ueber 30° Breite sind die Abweichungen der Monate August, September, October und November beträchtlicher, als Februar, März, April und May. In geringern Breiten sind die Unterschiede so groß nicht. Die Wärme im April ist der mittleren Wärme am nächsten. Folglich erreichen die Wirkungen ihr Maximum nicht eher, als bis die Ursachen schon anfangen abzunehmen, und sie nehmen nach diesem Maximum schneller ab, als sie vor demselben zunahmen.

3. Auf 20° vom Aequator sind die Unterschiede zwischen den wärmsten und kältesten Monaten gering; sie werden aber größer, je weiter man sich vom Aequator entfernt.

4. In den größten Breiten, besonders um 59° und 60°, findet man die Sonnenwärme auf 75 bis 80 Grade, und im Julius ist es oft wärmer, als unter der Breite von 51°.

5. Jede bewohnbare Breite hat wenigstens zwey Monate lang eine Wärme von 60 Graden, welche zum Rei-

Reifen des Getreides nothwendig ist. In den Nordländern reifen die Früchte wegen der langen Tage in kurzer Zeit, und wegen des thauenden Eises ist nicht viel Regen nothwendig.

6. Die Menge von Seen und Gebirgen, deren Lage unregelmäßig und zufällig zu seyn scheint, hat doch sehr wohlthätige Folgen. Sie mäßigen die Kälte in den größern, und die Hitze in den geringern Breiten. Ohne die Alpen, Pyrenäen, Apenninen u. s. würden Italien, Frankreich und Spanien kein so warmes Klima haben.

Was des Herrn von Mairan's Theorie betrifft (Th. IV. S. 437. u. f.), so bemerkt de la Metherie[h]), daß alle Angaben derselben von der Stärke der Wirkungen der Sonnenstrahlen sich auf unwidersprechliche Grundsätze stützten. Indessen könne man doch nicht läugnen, daß die Erfahrung den Folgerungen des Hrn. Mairan zuwider sey, und sie könnte nur für zwey abgesonderte Tage, wovon der eine zur Zeit der Wintersonnenwende und der andere zur Zeit der Sommersonnenwende falle, mit denselben übereinstimmen; er beweise keineswegs, daß die Sonnenwärme beym Anfange des Winters nur $\frac{1}{500}$, und beym Anfange des Sommers nur $\frac{1}{29}$ der Centralwärme sey. In seiner ersten Abhandlung habe er sehr gut bemerkt, daß bey der Sonnenwärme eine beträchtliche Beschleunigung statt finde, die von sehr großer Wirkung sey; der größte Grad der Wärme am Tage habe nicht zur Mittagszeit, sondern 2 oder 3 Stunden nach derselben statt; die wärmsten Sommertage seyen nicht zur Zeit der Sonnenwende, sondern ungefähr 40 Tage nach

h) Theorie der Erde. Th. I. S. 146. ff.

nach dieser Periode; im Verhältnisse wie die Sonne sich diesem Zeitpunkte nähere und sich von demselben entferne, finde an jedem Tage eine geringe Beschleunigung der Wärme statt, und diese Beschleunigungen zusammen gäben dann die großen Grade der Wärme, die wir beobachteten. Herr Mairan habe diese Beschleunigung in Rechnung zu bringen vergessen.

Obschon das Sonnenlicht an sehr erhabenen Orten keinen gewissen Grad von Wärme zu haben und überhaupt vielleicht gar keine wirkliche Wärme zu besitzen scheine, so sey es doch gewiß, daß es, wenn es an der Oberfläche der Erde angelangt sey, die daselbst befindlichen Körper und die Luft, die dieselben umgebe, erwärme. Allein diese Luft und diese Körper würden wieder erkalten, sobald als die Ursache ihrer Wärme wirksam zu seyn aufgehört habe, d. h. sobald die Sonne verschwunden sey. Wenn also die Sonne lange verweile, ehe sie wieder an unserm Horizonte zum Vorschein komme, so werde sich bey ihrer Rückkehr alle Wärme, die sie auf der Erde hervorgebracht habe, zerstreuet haben; wenn sie aber nur eine kurze Zeit abwesend sey, so werde bey ihrer Rückkehr ein Theil der durch sie hervorgebrachten Wärme noch übrig seyn, und dieser Umstand werde eine Beschleunigung der Wärme nach sich ziehen. In den langen Tagen von 16 Stunden, bey unserer Breite, sey die Sonne nur 8 Stunden lang abwesend; ihre Wärme habe, ehe sie wieder zurückkehre, nicht Zeit genug, um sich zerstreuen zu können; aber im Winter verhalte sich die Sache anders; denn in dieser Jahrszeit, wenn die Nächte 16 Stunden lang sind, sey die Wärme fast ganz zerstreuet, und daher komme es, daß man die Kälte vor Aufgang der Sonne sehr lebhaft fühle.

Im

Im heißen Erdstriche, wenn die Nächte 12 Stunden lang sind, habe die Wärme nicht hinlänglich Zeit, sich in diesem Zwischenraume zu zerstreuen, es sey daher noch eine ansehnliche Menge derselben bey der Rückkehr der Sonne gegenwärtig; indessen mangele es doch in diesen Gegenden nicht an Ursachen, zu welchen der häufige Thau, der in diesen heißen Ländern falle, und der süße Saft, den die Pflanzen ausschwitzten, gehörten, welche die Wärme mehr und mehr verminderten und die Nächte sehr kühl machten. Die Beschleunigung der Wärme sey also hier beträchtlicher; nichts destoweniger gebe es doch jeden Tag eine solche Beschleunigung und die Wärme würde mit der Zeit zu einer außerordentlichen Heftigkeit kommen, wenn diesem Zuwachse nicht durch die Regenzeit, durch starke Winde, und durch andere Ursachen Grenzen gesetzt würden.

Auch müsse man in Erwägung ziehen, daß die Erde unter dem Aequator eine Erhöhung von 10000 Toisen habe, und folglich müsse der Boden in diesem Theile der Erde, wenn alle übrige Umstände gleich sind, seine innere Wärme mehr erhalten, als an andern Orten.

Die Beschleunigung der durch die Sonnenstrahlen hervorgebrachten Wärme sey also, in Ansehung der Wärme, die man an der Oberfläche der Erde wahrnehme, weit wirksamer, als irgend eine andere Ursache. Zu Torneo z. B. fallen die Strahlen der Sonne zur Zeit der Sommersonnenwende, oder nach derselben, eben so schief auf den Boden, als bey unserer Breite um die Zeit der Nachtgleichen, eine große Zahl derselben muß sich also in der Atmosphäre verlieren und sie müssen den Boden in einer sehr

schrägen Richtung berühren; sie werden folglich nicht mit der Kraft an die Körper anprallen, welche sich dann äußert, wenn die Strahlen eine mehr perpendikulare Richtung haben. Indessen bringen sie doch denselben Grad von Wärme hervor, welchen sie im heißen Erdstriche verursachen, und dieser Erfolg kann also nur durch ihre fortdauernde Wirkung veranlaßt werden. Die Sonne bleibt fast immer über dem Horizonte, und die Wärme, die sie der Erde an jedem Tage mittheilt, verliert sich daher nie, sie häuft sich an, und so schwach sie auch an jedem einzelnen Tage zu seyn scheint, so steigt sie doch in einem Zeitraume zu demselben Grade, der in den heißesten Klimaten statt findet.

Allein von der Zeit an, da sich die Sonne von der Seite des Aequators, oder gegen den entgegengesetzten Wendekreis zurückzieht, fangen die Nächte an länger zu werden; die Wärme vermindert sich allmählig und die Kälte nimmt bis zu einem hohen Grade zu.

Ob also gleich noch de la Metherie der Wirkung der Sonnenstrahlen das meiste zuschreibt, so glaubt er doch auch, daß die innere Wärme des Erdkörpers einen Einfluß auf die äußere Temperatur habe.

Hieraus sucht nun de la Metherie alle Erscheinungen, welche die äußere Temperatur des Erdkörpers zeigt, auf folgende Art zu erklären:

1. Die Wärme, die im Innern der Erde, bey unserer Breite, statt findet, erleidet, wenigstens in einer gewissen Tiefe von 24 Fuß, keine Veränderung, weil die Sonne der Erde ungefähr eben so viel Wärme wieder giebt, als sie durch die Erkältung verliert. Indessen scheint es, daß das Wärmemaaß im heißen Erd-

Erdstriche, bey derselben Tiefe von 24 Fuß, Aenderungen zu erkennen giebt, welche anzeigen, daß hier eine Zunahme der Wärme statt findet, indeß bey der nämlichen Tiefe im kalten Erdstriche die mittlere Temperatur vermindert ist. Bey größern Tiefen werde aber wahrscheinlich bey allen Breiten die innere Temperatur die nämliche seyn; denn im Innern der Erde müsse die Wärme sich ins Gleichgewicht zu setzen suchen, wie sie das in allen Körpern thue; die Gegenden unter der Linie würden also ihre Wärme ohne Unterlaß den Lagen mittheilen, welche sich näher an den Polen befänden, und eine solche Mittheilung müsse immer vor sich gehen, so daß die innern Lagen des Erdkörpers in großer Tiefe fast die nämliche Temperatur haben würden. Wenn dieß nicht der Fall wäre, so würden auch die innern Lagen, welche sich bey unserer Breite finden, nicht immer eine und dieselbe Temperatur haben.

2. Man müsse in der That auf die Erdlagen, die unter dem Meere sind, und die nicht die nämliche Temperatur haben, Rücksicht nehmen. Die mittlere Temperatur der Wassermasse, welche das Meer ausmache, könne mit Wahrscheinlichkeit ungefähr auf 6° geschätzt werden; der Boden, auf dem dieselbe ruhe, müsse ihr also ununterbrochen etwas Wärme mittheilen, und seine eigene Wärme müsse folglich abnehmen. Der Meeresgrund werde daher kälter seyn, als der Theil des festen Landes, der sich im heißen Erdstriche und in den gemäßigten Zonen befinde, aber wärmer, als das feste Land, das die Polarzonen ausmache; und da es Theile des Meeres gebe, die sehr tief, vielleicht eine französische Meile tief sind, so könne sich die Temperatur unter allen äußern Lagen

des

des Erdkörpers vielleicht nur in einer Tiefe von 2 bis 3 französischen Meilen ins Gleichgewicht setzen.

3. Auf hohen Bergen sey die Kälte immer größer, als in ebenen Gegenden, weil sich a. die Wärme in den letztern weniger zerstreue; weil b. die Lichtstrahlen hier mehr beysammen blieben und weniger davon verloren gehe, indeß sie auf dem Gipfel des Berges sich aus einander begeben, und weil c. die Atmosphäre in einer Ebene dichter sey, als auf Bergen; aus diesem Grunde verlören die Berge täglich etwas von ihrer Wärme; denn

4. die Kälte scheine auf hohen Bergen täglich zuzunehmen; die Eislagen auf den Schweizer Gebirgen würden immer größer.

5. Die mit Waldungen bedeckten, von großen Flüssen und stehenden Gewässern durchschnittenen, oder mit Morästen und Sümpfen reichlich versehenen Länder sind kälter, als andere Länder bey derselben Breite; aus dieser Ursache sey das nördliche Amerika weit kälter, als das länger bekannte feste Land, das mit jenem eine und dieselbe Breite habe; die weit beträchtlichere Verdunstung, die in Amerika statt habe, sey hieran vorzüglich Schuld. Die Gegenden aber, die mit Sande bedeckt sind, wohin mehrere Ebenen in Afrika, einige großene Plätze in Asien u. s. w. gehörten, zeichneten sich durch ihre Hitze weit mehr, als andere Länder, aus. Rom, und der ganze Theil von Italien, der diese Stadt umgebe, sey sonst kälter gewesen, als er jetzt sey, weil sonst viele Waldungen daselbst gewesen wären.

Ueberhaupt behauptet aber de la Metherie, daß der Erdkörper viel von seiner ursprünglichen Wärme

me verloren habe; auch stimmten alle Geologen in dieser Rücksicht mit einander überein.

Die Erde strebe, wie alle andere Körper, deren Wärme nicht durch eine andere wirksame Ursache erneuert werde, sich ununterbrochen abzukühlen. Wir kennten aber keine dem Erdkörper eigene Ursache, welche den erlittenen Verlust wieder ersetzen könnte; die unteridischen Feuer brächten in diesem Betrachte so wenig Wirkung hervor, daß die äußere Temperatur der Berge, die innerhalb brennten, kaum merklich erhöht sey.

Man könne auch nicht leicht eine große Masse Feuer im Mittelpunkte der Erde annehmen, wenigstens gebe es keine einzige Thatsache, durch welche eine solche Hypothese bestätigt werden könnte. Es sey also einzig und allein die durch die Sonne mitgetheilte Wärme, welche der gänzlichen Erkältung der Erde Grenzen setze. Hierauf führt de la Metherie verschiedene Thatsachen an, woraus er folgende Resultate herleiten zu können glaubt.

1. Der Erdkörper müsse ununterbrochen kälter werden.

2. Der Erdkörper besitze die Gestalt, die er jetzt habe, schon seit einer Reihe von Jahrhunderten, die wir weder bestimmt noch muthmaßlich angeben könnten; allein diese Dauer müsse gewiß weit beträchtlicher seyn, als wir glauben könnten. Nähme man nur den Zeitpunkt von der Entstehung der Staaten an; wie viele tausende von Jahrhunderten müßten nicht vor demselben vorhergegangen seyn, damit sich eine so große Menge von versteinertem Holze, von Muschelschalen, und von Thieren, als damals schon da gewe-

gewesen, hätte erzeugen, und damit alle Lagen von der zweyten Entstehung hätten hervorgebracht werden können? Und wie viel tausende von Jahrhunderten möchten wohl von der ersten Krystallisation des Erdkörpers an bis zur Entstehung der organisirten Wesen vergangen seyn? Wir könnten über diese Dauer nichts bestimmtes sagen, weil es uns hierzu gänzlich an Angaben mangele; aber das könnten wir behaupten, daß vor unserer Periode eine so große Reihe von Jahrhunderten vorhergegangen sey, daß wir uns keine Vorstellung davon machen können.

Wenn es nun wirklich Wahrheit wäre, daß der Erdkörper täglich von seiner Wärme verliere, dieser Verlust möge auch für ein Jahr, für ein Jahrhundert noch so klein angenommen werden, so könne man fragen, wie groß müsse dieser Verlust in der zahllosen Reihe von Jahrhunderten, die seit der Bildung des Erdkörpers verflossen, gewesen seyn, zumal da man voraussetzen könne, daß dieser Verlust ehedem um so größer gewesen seyn müsse, je größer die Wärme war, da diese durch die Wirkung der Sonnenstrahlen um so weniger wieder ersetzt werden konnte?

Aus allen diesem könnte man die Folge herleiten, daß die erste Wärme des Erdkörpers, die Centralwärme desselben, in der Zeit, die gleich auf die Krystallisation gefolgt sey, weit größer gewesen seyn müsse, als die jetzige, und wenn man annehme, daß sie die des siedenden Wassers übertroffen habe, so werde man diese Schätzung nicht übertrieben finden. Er glaubt vielmehr, daß sie bey weitem zu klein angenommen sey; denn der Analogie zu Folge müsse diese Wärme mehrere Grade über der des kochenden Wassers gewesen seyn.

Ob

Ob aber die Wärme noch täglich mehr abnehmen werde, oder ob es einen Zeitpunkt gebe, nach dessen Verlauf sie nicht weiter abnehmen werde, oder ob es möglich sey, daß eine Zeit kommen könne, zu welcher sich die Wärme vermehre? davon wüßten wir nichts Bestimmtes zu sagen; indessen äußert er doch hierüber folgende Gedanken.

Die Gegenwart der Sonnenstrahlen sey eins von den Elementen der Wärme an der Oberfläche der Erde, diese Strahlen seyen aber mehr oder weniger wirksam, je mehr oder weniger nahe die Sonne der Erde ist.

1. Newton und andere Mathematiker nähmen an, daß sich die Erde in einer Zeit von mehreren Jahrhunderten der Sonne nähern könne; dieß wäre die erste Ursache, welche die Wärme auf der Oberfläche der Erde vermehren könne.

2. Eine andere Ursache werde auf die Temperatur der Sommer und der Winter Einfluß haben. Die Zeit, wenn die Sonne am höchsten sey, falle jetzt in den ersten Tagen des Julius, und die Zeit, wenn sie der Erde am nächsten sey, in den ersten Tagen des Januars, allein nach einer Periode von 40 bis 50000 Jahren werde sie zur Zeit der Wintersonnenwende am höchsten stehen, und zur Zeit der Sommersonnenwende der Erde am nächsten seyn. Der Sommer werde also in dieser Periode, wenn alle übrige Umstände gleich sind, wärmer, und der Winter kälter seyn, als jetzt.

3. Ein anderer Umstand, der auf die Wärme Einfluß habe, sey die Beschaffenheit der Oberfläche der Erde; der Erdboden, der feucht, oder mit Holz bewachsen, oder vom Meere, oder mit stehenden Gewässern

sern bedeckt sey, sey überhaupt kälter, als ein kahler, aus Erde, Sand, Steinen u. s. w. gebildeter Boden; die Berge seyen kälter, als die Ebenen. Aber jetzt sey die Oberfläche der Erde mehr angebauet; man sey beschäftigt, die Wälder zu lichten, die Sümpfe auszutrocknen, und dem Wasser einen Ablauf zu verschaffen; das Meer und die stehenden Gewässer nähmen ab, und die Berge würden von Tage zu Tage niedriger. Alle diese Ursachen müßten also die äußere Temperatur des Erdkörpers weniger kälter machen.

4. Auch die Dichtigkeit der Atmosphäre sey ein Element der Wärme an der Oberfläche der Erde; diese Atmosphäre sey aber jetzt weniger mit Dünsten beladen, als ehedem (weil sich täglich die Menge des feuchten Bodens vermindere, und die Wälder, die Gewässer, die Seen täglich abnähmen) und ihre Dichtigkeit müsse immer schwächer werden.

5. Diese Dichtigkeit des Dunstkreises nehme auch noch aus einer andern Ursache, deren Wirkung mehr allgemein sey, ab; denn mehrere Umstände nöthigten uns, zu glauben, daß die Höhe der Atmosphäre nach der Bildung des Erdkörpers weit beträchtlicher gewesen sey, als jetzt, weil sich eine große Menge Luft mit den Substanzen, die die neuen Erdlagen bildeten, vereinigt habe, und noch täglich zu vereinigen fortfahre.

Gegen des Herrn de la Metherie Hypothese von der Krystallisation der Erde sind aber in den neuesten Zeiten wichtige Zweifel erhoben worden, und überhaupt scheint seine Meynung von der täglichen Abnahme der Wärme unsers Erdkörpers auf keinen ganz richtigen physischen Gründen zu beruhen.

Mey-

Meynungen über die Entstehung und Bildung der Erde.

Johann Heinrich Gottlob von Justi [i]) leitet, wie Buffon, die Entstehung der Erde von der Sonne ab, und ist der Meynung, daß in dem Innern der Erde ein Centralfeuer sich befinde, welches nach einer Reihe von 1000 Jahrhunderten die ursprünglichen Berge empor gehoben haben soll; die übrigen Berge aber seyen von abwechselnden Ueberschwemmungen entstanden. Aus der veränderten Erdachse sucht er zu erklären, wie die Elephantenknochen in die nördlichen Gegenden gekommen sind. Diese Hypothese hat aber Wiedeburg [k]) umständlich widerlegt; dagegen setzt er eine andere an deren Stelle [l]), und glaubt, daß unsere Erde, so wie alle Planeten, zuerst ein Sonnenflecken, dann ein Komet gewesen sey, den zuletzt der Schöpfer in die jetzige weniger eccentrische Laufbahn versetzt habe. In ihrer jetzigen Gestalt sey sie in Rücksicht ihrer einzelnen Theile eine ungeheure, kugelhafte Masse aus festen und flüssigen Theilen, die vielleicht ehemals mit einander vermischt und verbunden gewesen, sich aber nach den Gesetzen der Schwere und aus andern Ursachen geschieden haben und noch täglich scheiden; sich hingegen in einzelnen Theilen wiederum hin und wieder verbinden. Das Wasser belebe den an und für sich todten Erdklumpen, und bringe nebst dem unterirdischen Feuer durch seine Bewegungen, Auflösungen und neue Verbindun-

i) Geschichte des Erdkörpers. Berlin 1771. 8.

k) Anwendung der Natur- und Größenlehre zur Rechtfertigung der heiligen Schrift. Nürnberg 1782. 8.

l) Neue Muthmaßungen über die Sonnenflecken, Kometen und die erste Geschichte der Erde. Gotha 1776. 8.

dungen die vorzüglichsten Veränderungen und Revolutionen hervor. Die verschiedenen und fast unzähligen Erdschichten und Lagen in den Flöß- und Ganggebirgen könnten unmöglich als Wirkungen der nämlichen so genannten Sündfluth angenommen werden. So müßte die doch dazu bey weitem nicht lange genug gedauerte Ueberschwemmung bis zu einer großen Tiefe die ganze Erdkruste durchweicht und aufgelößt haben; die Präcipitate aber müßten durch unerforschliche Gewalt auf erstaunliche Strecken fortgeführt seyn, und allen Gesetzen der Präcipitation zuwider sich gesetzt haben. Weder menschliche noch göttliche Nachrichten aber erzählten uns von mehreren oder dergleichen allgemeinen Ueberschwemmungen.

Lambert m) hat eine solche Entstehungsart der Weltkörper aus folgenden Gründen zu widerlegen gesucht:

1. Die Erhaltung ganzer Weltkörper sey wichtiger, als die von solchen Geschöpfen, die ihr Geschlecht fortpflanzen. Die Dauer von Welten messe sich nach Myriaden von Jahrhunderten ab. Zu größern Abwechselungen gehörten mehr Jahrhunderte, als bey Gewürmen einzelne Stunden.

2. Gegen die Muthmaßung, daß aus einem Kometen ein Mond werden könne, wendet Lambert ein: die Umstände, die wir an der Bewegung der Monde, sowohl unserer Erde als der übrigen Planeten, wahrnehmen, wären von der Beschaffenheit, daß sie eine solche Vermuthung leicht unwahrscheinlich machen müßten; nämlich, alle bewegten sich um ihren Hauptplaneten von Abend gegen Morgen; hiezu

m) Kosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues. Augsp. 1761. 8. S. 9. ff.

zu aber würde erfordert, daß alle diese Monde an ihren Hauptplaneten von Einer Seite, nämlich entweder im Aufsteigen von der Sonne, oder im Absteigen zu ihr, hangen geblieben wären. Es sey aber unwahrscheinlich, daß niemals und bey keinem einzigen Monde das Gegentheil sollte zugetroffen haben, da doch das Eine eben so möglich gewesen wäre als das Andere.

3. Einer solchen Hypothese von eroberten Monden stehe theils die so geringe Neigung der Bahnen aller Satelliten gegen die Bahn des Hauptplaneten; theils aber die so gute Ordnung der Größe nach, welche unter den verschiedenen Monden des nämlichen Planeten herrsche, im Wege. Die Eroberung sey im Ganzen sehr zufällig, und die sich ergebenden Umstände wären gleichwohl so gesetzmäßig.

Herr Wiedeburg [n]) antwortet aber auf diese Einwürfe folgender Maaßen:

1. Er gebe dieß alles zu; aber so läugne man doch überhaupt nicht die Endlichkeit der Dauer. Die Hypothese von jähen Auflösungen komme auch in keine seiner Prämissen.

2. Es sey a. nicht gleich möglich, daß der Mond im Absteigen sowohl als im Aufsteigen hangen bleibe, denn im Absteigen werde seine Schwere gegen die Sonne, die die Wirkung dieser Schwere gegen den Hauptplaneten immer unwirksamer mache, immer größer. Möglicher sey es daher, daß er im Absteigen hangen bleibe, wo diese Schwere gegen die Sonne im Abnehmen sey; und daher die Attraction des Pla-

n) Einleitung in die physisch-mathematische Kosmologie. Gotha 1776. 8. S. 307. f.

Planeten desto mehr vermöge. b. Daß der Kreislauf der Monde sowohl als der Hauptplaneten gemeinschaftlich von Abend gegen Morgen gerichtet sey, müsse eine gemeinschaftliche Ursache haben. Er sucht sie darin, daß sich die Sonne selbst von Abend gegen Morgen um ihre Achse dreht. Stürzt sich die Masse des Sonnenfleckens zuerst nach seiner Schwere in die Sonne, und ist er mit derselben bereits durch diese Bande verbunden, so giebt ihm nun auch schon diese Sonne, ehe er sie berührt, die Flieh- und Schwungkraft nach der Richtung der Fliehkraft der Theile ihrer Oberfläche; d. i. von Abend gegen Morgen.

3. Unsere Berechnungen der Größe und Neigung der Planeten überhaupt seyen so gar genau und vollkommen noch nicht; die gemeinschaftliche geringe Neigung der Bahnen der Monde müsse eine Wirkung der auf sie gemeinschaftlich wirkenden Kraft seyn; und man müßte sich vielmehr verwundern, wenn diese Neigungen verschiedener wären; auch müßten die erwähnten gleichfalls zufälligen Eroberungen ebenfalls die angeführte Wahrnehmung noch wahrscheinlicher machen. Hätte der entferntere Mond mehr Masse als der nähere, so sey seine Kraft gegen die Sonne desto größer, und der Planet könnte ihn nicht zu einem engern Kreis um sie bestimmen.

Herr de Lüc o) schränkte sich anfänglich auf die neuere Geschichte der Erde ein, und wagte es nicht, eine

o) Lettres physiques et morales sur l'histoire de la terre et de l'homme, addressées à la Reine de la Grande-Bretagne. à la Haye 1779. Tomes V. 8. mit einiger Abkürzung unter dem Titel übersetzt: Physikalische und moralische Briefe über die Geschichte der Erde und des Menschen. Leipz. 1781. II. Bände. 8.

eine physikalische Ursache anzugeben, durch welche die ursprünglichen Gebirge gebildet wären; nachher aber [p]) giebt er nähere Bestimmungen über die Entstehung der Erde an, welche vorzüglich eine größere Beleuchtung der Mosaischen Erzählung zum Zweck haben. Er nimmt an, daß erst nach der Erschaffung des Lichts chemische Operationen möglich gewesen wären, welche das große Ganze gebildet hätten, da vorher die primitive Materie aus bloß schweren Elementen ohne Zusammenhang und Verwandtschaft bestand. Aus dem Lichte entstand Feuer und flüssiges Wasser, und es erzeugte ein trübes, dickes Gemenge der Elemente, welches gleich im Anfange Umwälzung und sphäroidische Gestalt erhielt. Nachher wurden durch Verwandtschaften Niederschläge von festen Theilen bewirkt, welche um die Erde eine dicke Rinde von Granit bildeten, wobey zugleich aus entwickelten expansibeln Flüssigkeiten der Luftkreis entstand. Unter dem Granit blieb eine Schlammschicht zurück, und in der Mitte ein Kern von staubartigen Theilen. Neuere Niederschläge bildeten nun über dem Granit Gneus, Gangschiefer und Wacke. Alle diese Niederschläge geschahen unter dem Wasser, welches sich nach und nach durch die dicke Granitrinde in die Schlammschicht und in die innere Staubmasse hineinzog. Hierdurch wurden Einsenkungen der verhärteten Masse bewirkt, die Ungleichheiten und Höhlen bildeten, deren Decke endlich in einem weiten Umfange einstürzte, wodurch verursacht wurde, daß das Wasser eine Leitung dahin bekam

p) Geologische Briefe an Herrn Hofrath Blumenbach. aus dem Franz. übersetzt im Goth. Magazin B. VIII. St. 4. S. 1-41. B. IX. St. 1. S. 1-123. St. 4. S. 1-49.

kam, und daher mehr festes Land zum Vorschein kam. Dieß ist die erste Entstehung des Meeres und des festen Landes, auf welchem sogleich, wiewohl ohne Einwirkung der Sonne, die Vegetation begann. Durch die eingestürzten Stücke wurde unser festes Land gebildet. Nun fing auch die Sonnenmasse sich zu zersetzen an, und in Vereinigung mit dem Lichte selbst Licht auf die Erde zu senden, wodurch die Erde eine beständig verhältnißmäßige Wärme behielt. Hierauf wurden die Thiere im Meere geschaffen, und durch neue Niederschläge Schichten von Kalkstein bewirkt, die sich an die Granitschichten anlegten und worin man die ersten Spuren von Seethieren antrifft. Nun erfolgte ein zweyter Einsturz unter dem Meere, dessen Trümmer sich an die Scheidewände schief anlehnten, wovon die unordentlichen Lagen der Gesteine unserer jetzigen großen Gebirgsketten herrühren. Wahrscheinlich wurden auch zu gleicher Zeit die bereits gebildeten Gangklüfte mit Erzen u. d. g. angefüllt. Andere Niederschläge bildeten neue Schichten von Kalkstein mit vielen Versteinerungen vermengt, auch begannen die Sandstein- und Salzsteinflöze, und die Vulkane nahmen ihren Anfang. Dieser Zeitraum dauerte bis zu einer großen Revolution der Erde, welche durch innere Gährungen, Entzündungen, Dämpfe, und Ausbrüche von Vulkanen und gewaltsamen Erschütterungen bewirkt wurde. Hierdurch wurde der Meeresboden dergestalt erhoben, daß das Meer ihn auf einmal verließ, und über die alten festen Länder, welche nach de Lüc wegen der darunter befindlichen Wölbungen und außerordentlichen Höhlen eingestürzt waren, sich ergoß. Dadurch kam nun der vorige Meeresgrund aufs Trockene, und bildete unsere jetzigen Länder; die ehemaligen Länder aber wurden von dem jetzi-

jetzigen Weltmeere bedeckt. Das Alter des jetzigen festen Landes setzt Herr de Lüc nicht über 4000 Jahre, er hält die Revolution, die es aufs Trockene brachte, für die Sündfluth, und zeigt, daß seine Hypothese mit der Erzählung Mosis und selbst der Zeitrechnung übereinstimme, wenn man die Schöpfungstage für Perioden von unbestimmter Dauer annimmt.

Pallas q) ist der Meynung, daß die hohen ursanfänglichen aus Granit bestehenden Gebirgsketten beständig Inseln auf der Oberfläche der Gewässer ausgemacht hätten, und daß in den Schichten, welche nach und nach sich daran gelegt hätten, Vulkane und Kiese erzeugt wären. Durch die Vulkane wurden die Schichten zerstört, und ihre Materie geschmolzen und verkalkt, wodurch die ersten Kalk- und Schiefergebirge entstanden, in welchen die Klüfte und Risse zugleich mit Erzen ausgefüllt wurden. Eben dadurch wurden auch die im Meergrunde liegenden Schaalthiere zerstört, und Bodensätze von verschiedener Art veranlaßt. Hierauf wurden die Gewässer durch eine gewaltsame Revolution, welche nach ihm aus den häufigen Vulkanen im indischen und stillen Meere herkam, gegen die zusammenhangenden Bergketten von Europa und Asien getrieben, welches die südwärts gelegenen Länder zerstörte, über die niedrigsten Theile der Bergketten gieng, und Theile von Pflanzen und Thieren mit sich in die nördlichen Gegenden führte, wo das Wasser wieder in neue Schlünde ablief. Alles

q) Observations sur la formation des montagnes et les changemens arrivés au globe. à St. Petersb. 1777. 4. übers. in den Leipz. Sammlungen zur Physik und Naturgeschichte. B. II.

Alles dieß Angeführte sucht er aus der Gestalt der Meerbusen, Spitzen des festen Landes, aus der Lage der Gebirge und andern Umständen wahrscheinlich zu machen.

Nach der Meynung des Herrn Gerhard [r]) schuf Gott bloß Kieselerde, Wasser und Feuer, woraus durch chemische Operationen die Salze und die übrigen Erden mit dem Schwefel, Kiesel, Thon und Oelen erzeugt wurden. Hierauf entstanden innere Gährungen und Niederschläge, wodurch alles in Schichten sich ordnete, die nachher durch Erhitzung und Ausbrüche fixer Luft wieder zerstreuet wurden, woher Berge, Thäler u. d. g. entstanden.

Der Freyherr von Gleichen, genannt Rußworm [s]), glaubt, daß die Erde anfänglich eine Wasserkugel gewesen sey, welche zuerst Fische hervorgebracht habe. Nachdem diese in Fäulniß übergegangen wären, sey Erde entstanden, welche sich gesetzt, und den festen Körper zu bilden angefangen habe. Nach erfolgter Gährung seyen Hitze, Ausblähungen und Erhöhungen erfolgt; die Bewegung des Wassers habe aus dem Schlamme Schalen hervorgebracht, aus welchen nachher Kalk entstanden sey. Zuletzt sey die Erde aus dem Wasser hervorgekommen und der Sonne ausgesetzt worden. Die Wassermenge werde immer geringer, die Wärme nehme aber immer zu, so daß zuletzt die Erde im Feuer zergehen werde.

Auch

r) Versuch einer Geschichte des Mineralreichs. Berlin 1781. 8.

s) Von Entstehung, Bildung, Umbildung und Bestimmung des Erdkörpers. Nürnberg 1782. 8.

Auch Wallerius t) nimmt an, daß die Erde anfänglich Wasser gewesen sey, aus welchem alle übrige feste Körper, Gerinnungen und Concretionen entstanden wären.

Herr Silberschlag u) gründet seine Hypothese von der Entstehung der Erde ganz auf die von Mose erzählte Geschichte der Schöpfung. Gott setzte nämlich bey Erschaffung der Welten das Chaos an diejenige Stelle, die es haben sollte. Am ersten Tage entzündeten sich die Sonnen, und es begann die Umwälzung um die Axen; am zweyten Tage gieng die Absonderung der Luft vor sich, das Wasser blieb auf der Oberfläche zurück, und im Innern nahm die Versteinerung zu. Nun öffnete sich das Innerste plötzlich, es brach ein heftiges Feuer hervor, welches im Innern ungeheure Höhlungen bewirkte, und die Erde an dem einen Orte mehr als an dem andern emporhob; hierdurch entstanden Inseln, Berge und anderes festes Land; das Meer aber verlief sich größtentheils in die gebildeten Höhlungen. Ferner wurden durch die Wirkungen dieses Feuers Felsen in die Höhe gebracht, und durch die Hervorbringung des Feuers Granit, Sand, Quarz u. d. g. umhergeworfen. Noch weiter bewirkte dieses Feuer Klüfte, Gänge, große Höhlen, welche über einander sich befanden. Aus diesen Klüften und Höhlen sucht er nun, wie bey der

t) Physisch-chemische Betrachtungen über den Ursprung der Welt, besonders der Erdwelt und ihren Veränderungen. a. d. Latein. Erfurt 1783. 8.

u) Geogenie oder Erklärung der mosaischen Erschaffung nach physikalischen und mathemat. Grundsätzen. Berlin. 1. u. 2. Theil 1780. 3. Theil 1783. 4.

der Wirkung eines Heronbrunnens, die von dem darin befindlichen Wasser hervorkommende Sündfluth begreiflich zu machen. Die Schalthiere, welche man in den Schichten der Erde findet, sollen nach ihm vorher in den Seen der unterirdischen Höhlen gelebt haben, und durch den Ausbruch des Wassers bey der Sündfluth mit in die Höhe auf die Erdfläche gekommen seyn. Die Knochen der Elephanten und der Büffel, welche durch die Verwesung specifisch leichter als das Wasser waren, schwammen auf selbigem, wurden durch die Wellen und durch den Wind allenthalben herum getrieben, und zuletzt nach dem Abflusse des Meeres hie und da in Schlamm und Sand begraben.

Franklin [x]) war der Meynung, daß unsere Erde im Innersten aus einem weit dichtern Fluidum bestehe, als alle unsere bekannten festen Körper, auf welchem also der feste Theil gleichsam wie auf einer Schale schwimme. Wenn sich nun in der Erde Luft (nach dem Mariotte'schen Gesetze) verdichtet befände, so würde auch schon in einer Tiefe von 11 deutschen Meilen das Gold auf ihr schwimmen. Nähme man nun an, daß alle Materie wie ein Dampf in dem Raume verbreitet gewesen sey, und die Schwere habe zu wirken angefangen, so muß auch eine nach dem Mittelpunkte zu immer dichtere Luftkugel entstanden seyn, worin sich die übrigen entstandenen Körper, ein jeder in einer bestimmten Weite vom Mittelpunkte, setzten, und dadurch eine Rinde bildeten. Die Rinde sey die Erdrinde, über welcher nur noch unsere jetzige

x) Transact. of the american philosophical society, held at Philadelphia. Vol. III. 1793. 4. num. I. Auch im European Magazine Aug. 1793. p. 137. sqq.

ge Atmosphäre sich befinde. Die erste erfolgte Bewegung konnte einen Wirbel, und dadurch Umwälzung um die Achse hervorbringen. Wenn nun einmal die Achse der Umdrehung verändert wurde, so mußte auch das inwendige Fluidum seine Figur ändern, wodurch es die Rinde der Erde zerbrechen konnte u. s. f. Durch starke Expansionen von Dämpfen konnten auch vermöge des daher entstandenen Drucks auf das Fluidum unter der Rinde wellenförmige Bewegungen entstehen, welche sich auf eine sehr große Weite erstreckten, und alles Land über ihr in Erschütterung setzten. Auch erhielt die Erde durch die Menge von Eisen, die sie enthielt, die Fähigkeit, magnetisch zu werden; selbst das Metall habe seinen Magnetismus, und vielleicht sey es dieser, welcher die Erdachse immer mit sich parallel erhalte.

Kant [y]) stellte sich unsere Erde anfänglich in Luftgestalt vor. War nämlich der Urstoff in dunstförmiger Gestalt verbreitet, so mußten, als durch Kräfte chemischer Anziehungen jene Körper aus dem flüssigen Zustande in den festen übergiengen, sogleich auch große Luftentwickelungen in ihrem Innern vorgehen, welche durch die zugleich frey gewordene Wärme bis zum höchsten Grade der Elasticität ausgedehnt, und durch die Vermischung unter einander in noch größere Bewegung versetzt, bald die festen Körper durchbrachen, die Materie in großer Menge als Gebirge auswarfen, sich selbst unter einander zersetzten und niederschlugen, bis die mit sich selbst ins Gleichgewicht gekommene Luft von selbst sich erhob, ein Theil derselben aber als Wasser niederfiel, das vermöge seiner Schwere sich bald in den Crater jener allgemeinen Eruption

y) Berliner Monatsschrift 1785. Th. I. S. 210. f.

Eruption ergoß, jetzt aber durch das Innere der Erde sich selbst seinen Weg brach, so allmählig durch seinen Lauf die regelmäßige Gestalt der Gebirge bildete, und durch fortgesetzte Anspielungen im Lauf der Jahrhunderte jene regelmäßige Schichten kalkartiger, verglaster oder versteinerter vegetabilischer und thierischer Körper im Innern der Berge zu Stande brachte, zuletzt aber aus immer höhern Becken endlich in das tiefste von allen, das Meer, sich zurückzog.

Herr Whitehurst [z]) ist der Meynung, daß unsere Erde anfänglich aus Wasser bestanden habe, das aber die fein zertheilten Stoffe aller Körper enthalten hätte. Wegen der geringen specifischen Schwere hätten sich daraus Luft und Wasser zuerst entwickelt; die festen Theile sanken aber nach und nach auf eine ungleichförmige Weise wegen der ungleichen Wirkung der Sonne und des Mondes, oder wegen der Ebbe und Fluth, welche auch die ersten Inseln bildete. Allein die dadurch entstandenen Ungleichheiten konnten nicht über 50 Fuß hoch gewesen seyn. Nachher gieng in den innern dichtern Theilen der Erde eine Entwickelung des Feuers vor sich, welches die Erdschichten ungemein ausdehnte, den Meergrund emporhob, und endlich so durchbrach, daß zwischen dem Feuerheerde und dem Wasser eine Gemeinschaft eröffnet wurde. Hierdurch mußten natürlich die Explosionen ungemein heftig werden, die dadurch in die Höhe getriebenen Trümmer thürmten sich über einander, und erzeugten unsere hohen Berge. In den Tiefen aber entstanden daher außerordentlich große Schlünde, in welche sich das

z) Inquiry into the original state and form of the Earth. Lond. 1778. 1786. 4. übers. mit Zusätz. und Anmerkungen. Leipzig 1788. 8.

das Wasser ergoß, und auf diese Weise entstand aus dem Meeresgrunde unser trockenes Land. Diese Revolution, welche Whitehurst für die Sündfluth hält, verursachte übrigens wichtige Veränderungen in der Temperatur der Luft.

D. Hutton [a]) nimmt an, daß die Erdschichten und Felsen unsers jetzigen Landes durch Niederschlag aus dem alten Meere und aus losgerissenen Trümmern des alten festen Landes gebildet wären. Das unterirdische Feuer soll nämlich die unter dem alten Meere noch befindlichen Massen bis zum Schmelzen erhitzt haben, welches ihre lockere Substanz verdichtete und ihre Zwischenräume anfüllte, und diese Massen wurden nachher durch das Feuer auf dem Wasser bis zur Höhe unseres jetzigen Landes erhoben. Diese Wirkungen sollen fortdauern, ähnliche Revolutionen, und auf diese Weise eine Gestalt der Erde nach der andern hervorzubringen.

Nach de la Metherie [b]) sind alle Körper, aus welchen unsere Erde besteht, aus verschiedenen Elementen, dem Feuer, dem Lichte, dem Wasser, der elektrischen Flüssigkeit, der magnetischen Materie, dem Lichtstoffe zusammengesetzt. Diese feinen Stoffe sind aus den anfänglichen Theilen der Materie gebildet, und alle diese Elemente sind mit einer mehr oder weniger starken Kraft begabt, vermöge welcher sie sich einander nähern, sich unter einander vereinigen und sich krystallisiren. Die Erdkugel ist das Resultat aller

a) Theorie der Erde; aus den Transact. of the royal Society of Edinb. Tom. I. P. I. p. 209. sq. übers. in den Sammlungen zur Physik und Naturgesch. Th. IV. St. 6. S. 225. u. f.

b) Theorie der Erde. a. d. Franz. II Theile. Leipz. 1797. 8.

ler dieser einzelnen Krystallisationen gewesen. Er nimmt nämlich an, daß alle Materie, welche unsere Erdkugel ausmacht, im Anfange flüssig gewesen sey, und die kugelförmige Gestalt der ganzen Masse, welche der Lehre der Centralkräfte vollkommen gemäß ist, beweise offenbar diese ehemalige Flüssigkeit. Dieser flüssige Zustand war wässerig, d. h. er war durch das Wasser und nicht durch das Feuer hervorgebracht; die schwersten Theile haben sich gegen den Mittelpunkt der Erde begeben, und unter einander vereinigt, die leichtesten hingegen sind nach der Oberfläche hingetrieben worden. Alle diese Substanzen haben sich im Wasser selbst, welches also die höchsten Berge bedeckte, krystallisirt; das Wasser hat sich zurückgezogen; das feste Land ist zum Vorschein gekommen; dieser feste Boden war nur aus ursprünglichen Erdlagen zusammengesetzt; die Pflanzen und Thiere, welche auf dem festen Lande leben, sind hervorgebracht; die Gewässer haben hierauf die Erdlagen, welche von späterer Entstehung sind, gebildet, und die Trümmer und Ueberreste der Pflanzen und Thiere haben sich mit dieser Erde vermischt, und in derselben angehäuft; das Wasser hat sich wieder zurückgezogen, und die Erdlagen von der zweyten und dritten Entstehung frey und unbedeckt zurückgelassen. Alles dieß seyen gewisse und unwidersprechliche Thatsachen. Uebrigens nimmt er noch eine besondere Krystallisation einer jeden mineralogischen Substanz an; die Krystallisation der einfachen Steine, welche nur aus Einer Erde und Einer Säure bestehen; die Krystallisation der Steine, welche aus mehreren Erden, und die Krystallisation der zusammengesetzten Steine, welche aus mehreren andern Steinen gebildet sind; die Krystallisation der metallischen, vererzten oder nicht vererzten Substanzen,

zen, und endlich die Krystallisation der erdharzigen Substanzen.

Verschiedene von diesen Hypothesen finden sich besonders beym Sullivan c) beurtheilt. Er sagt, alle Kosmogonien und Geogonien haben den Endzweck, das Daseyn der Erde entweder ohne alle Wunder, oder doch nur durch das einzige Wunder, wodurch das, was nicht war, zur Wirklichkeit kam, zu erklären. Regelmäßigkeit und Ordnung als Werk eines Zufalls anzunehmen, ist mit der Denkart des menschlichen Verstandes viel weniger als alle Wunder zu vereinigen. Setzt man aber das Daseyn Gottes voraus, so mag man entweder eine ewige formlose Materie annehmen, oder Materie und Form mit der Welt zugleich entstehen lassen, der Anfang der wirklichen Dinge und ihrer Formen ist immer ein Wunder, beständig Wirkung einer außerordentlichen Kraft, und es ist für uns gleich möglich und gleich unbegreiflich, der Schöpfer mag entweder in die Materie allein Kräfte und Gesetze gelegt, oder zugleich mit denselben die ersten Formen der Körper durch seine Allmacht hervorgebracht haben. Es giebt daher gar keine objektiven Gründe für eine Theorie der Schöpfung, und wir sollten statt aller Kosmogonien und Geogonien uns ganz allein darauf einschränken, die Ursachen der auf einander folgenden Veränderungen der schon geformten Natur zu entdecken. Alles aber, was sich über solche Veränderungen der Erde sagen läßt,

c) A view of Nature, in lettres to a traveller among the Alps &c. Lond. 1794. VI. Voll. 8. Uebersicht der Natur in Briefen an einen Reisenden a. d. Engl. mit Anmerk. und Zusätzen von D. Hebenstreit. Leipzig 1795. 8. 6–12. Brief.

läßt, beruht auf folgenden wenigen Bruchstücken: ob bey der Schöpfung unsere Erde sogleich die Kugelgestalt erhalten habe, ist ungewiß; die sphäroidische Gestalt aber (wider la Place's Meynung) hat sie durch Umdrehung um ihre Achse erhalten. Die Entstehung einiger Körper, z. B. des Granits, sind wir nicht vermögend zu bestimmen; der Granit scheint schon vorhanden gewesen zu seyn, ehe noch das Wasser und das Feuer die Erdfläche veränderten; wahrscheinlich bestehen aus ihm die ältesten Berge, und er macht, so weit die Naturforschungen reichen, die innerste und tiefste Grundlage der Erdrinde aus. Ein sehr großer Theil unsers jetzigen festen Landes war ehedem Meergrund, und scheint es eine sehr geraume Zeit gewesen zu seyn; jedoch muß an vielen Orten, wo jetzt festes Land ist und sonst Meergrund war, in noch frühern Zeiten schon einmal festes Land gewesen seyn. Viele Landthiere, Fische, Pflanzen, Conchylien, welche jetzt ihre Wohnungen nur im heißen Erdstriche haben, müssen vor Zeiten auch in den Gegenden gegen den Nordpol zu gelebt haben. Die Gipfel der höchsten Berge, die wir kennen, scheint das Wasser niemals bedeckt zu haben. Auch Erdbeben und Vulkane müssen eine große Veranlassung zur Veränderung der Erdfläche gegeben, und an verschiedenen Orten mögen alte, jetzt erloschene Vulkane gebrannt haben, deren Zeitalter uns ganz unbekannt ist.

Nach-

Nachtrag
zu
Cohäsion und Zusammenhang.

(Oben S. 364.)

Herr Carradori [a]) bemerkt, daß Guyton-Morveau eine Reihe von Versuchen unter die Wirkung der Adhäsion begriffen habe, welche sich aber keinesweges durch die Adhäsion erklären lassen. Die Adhäsion zeige sich vorzüglich schön in den Versuchen mit öligten Flüssigkeiten, welche sich auf der Oberfläche des Wassers ausbreiten, und welche, wie er glaubt, noch Niemand einer genauern Betrachtung gewürdigt habe. Nach seiner Meynung ist die Erscheinung, wo sich das Quecksilber mit den Oberflächen der Metalle vereinigt, noch keine Adhäsion, weil das Quecksilber vermögend ist, sie, wie das Wasser die Salze, anzugreifen und aufzulösen. Aus diesem Grunde, sagt er, sind Guyton-Morveau's Versuche mit diesen Substanzen untauglich, die Kraft der Adhäsion und ihre Grade zu zeigen. Die Flächen-

a) Annali di chimica e storia naturale overo raccolta di memorie sulle science arti e manusatturo ad esse relative, del *Brugnatelli*. T. XVII. Pavia 1798. p. 104-113. übers. in Voigt's Magazin B. II. St. 1. S. 87.

chenanziehung sey bis jetzt noch sehr schlecht bearbeitet worden. Er hat durch Thatsachen zu zeigen sich bemüht, daß die wahre Adhäsion oder Flächenanziehung ihre Sättigungspunkte und Grade so gut habe, als die chemische Anziehung oder die Wahlverwandtschaft. Nehmlich

1. Die öligten oder gummiresinösen Flüssigkeiten breiten sich auf der Oberfläche des Wassers mit der größten Geschwindigkeit aus, und überziehen dieselbe mit einem sehr zarten Schleyer; sie thun dieß selbst dann, wenn sie specifisch schwerer sind als Wasser. Auch feste Substanzen, in welchen ein Oel, Harz oder Gummiharz in Menge enthalten ist, breiten sich, wenn sie pulverisirt sind, und wenn auch ihr specifisches Gewicht das des Wassers übertrifft, auf gleiche Weise auf demselben aus.

Diese Körper adhäriren bloß dem Wasser; sie haben keine Cohäsion oder Aggregations- oder chemische Anziehung zu ihm; denn sie lösen sich nicht in demselben auf, und vermischen sich selbst nur schwer damit.

2. Bloß das Wasser giebt mit jenen Substanzen diese Phänomene. Er hatte Oel, Saft von der Wolfsmilch u. s. f. auf Wein, auf Essig u. s. w. gebracht; der Versuch gelang aber nicht, noch weniger gelang er auf Weingeist.

Also bloß zwischen dem Wasser und den öligen oder harzigen Substanzen jeder Art, sie seyen fest oder flüssig, hat die Adhäsion oder Flächenanziehung statt.

3. Hat eine von diesen festen oder flüssigen Substanzen durch ihre Verbreitung eine bestimmte Fläche des

des Wassers, ohne einige Rücksicht auf die Menge oder Höhe der Säule der Flüssigkeit, überzogen, so dehnt sie sich nicht weiter aus, sondern bleibt, wenn sie specifisch leichter als das Wasser ist, im Gefäße zu Boden.

Hieraus sieht man, daß nach der Sättigung der Anziehung jener Wasserfläche mit alle dem Oel oder Harz, was sie aufzunehmen im Stande ist, das Ueberflüssige nicht ferner angezogen wird, sondern seiner Schwere überlassen entweder auf der Flüssigkeit ruhig zurückbleibt, oder, wenn es specifisch schwerer als das Wasser ist, in ihm zu Boden fällt.

4. Die Quantität der festen oder flüssigen Substanz, welche sich auf dem Wasser ausbreitet, und die Geschwindigkeit, mit der es geschieht, ist beständig der Oberfläche des Wassers, auf der sie sich verbreiten muß, proportional. So breitet sich z. B. ein Tropfen Olivenöl auf dem Wasser eines kleinen Gefäßes sehr schwer und langsam aus, da hingegen, wenn der Versuch in einer großen Kufe oder auf einem kleinen See angestellt wird, er sich sehr weit und mit einer erstaunlichen Geschwindigkeit verbreitet.

Stellt man diesen Versuch in einer Kufe oder in einem andern Behälter mit Wasser, welches eine große Oberfläche hat, und statt des Oels mit dem milchartigen Saft der Wolfsmilch an, so ist es sehr angenehm zu bemerken, wie, wenn man eine kleine Quantität desselben vorsichtig auf die Oberfläche des Wassers bringt, sie sich über die ganze Fläche verbreitet, und dieselbe mit einem sehr feinen Schleyer überzieht; verfährt man hingegen hierbey auf eine stürmische Art, so schlägt sich der größte Theil davon in Ge-

 stalt

stalt zarter und schlangenförmiger Fäden zu Boden. Das nämliche erfolgt, wenn man, anstatt die Stengel der Wolfsmilch außer dem Wasser abzuschneiden oder abzureißen und darauf das abgeschnittene Ende an die Oberfläche des Wassers zu bringen, diese Operation unter dem Wasser verrichtet; dann schlägt sich aller aus dem Stengel fließende Saft in Gestalt feiner Fäden zu Boden, ohne sich in dem Wasser aufzulösen, oder sich auch nur damit zu vermischen.

5. Bringt man, nachdem man auf das Wasser bereits einen kleinen Antheil irgend einer öligten Flüssigkeit gebracht hat, hierauf etwas von einer andern auf dasselbe, befindet sich z. B. auf dem Wasser eines kleinen Gefäßes bereits ein Tropfen Olivenöl, und bringt man jetzt einen Tropfen Wolfsmilch (oder auch einen kleinen Antheil Weitzenmehl oder Mehl von irgend einem andern Getreide) darauf, so bemerkt man, wie das Oel dem Wolfsmilchsaft Platz macht, welcher sich jetzt statt seiner auf dem Wasser ausbreitet, um ihm zu adhäriren; das Oel aber, dessen Verwandtschaft jetzt zu dem Wasser aufgehört hat, sammlet sich in kleine Kügelchen, und zieht sich an die Wände des Gefäßes zurück.

Dieser Versuch beweißt also, daß die eine von diesen beyden Flüssigkeiten eine stärkere Anziehung zur Oberfläche des Wassers habe als die andere, welche, durch jene vertrieben, jetzt bloß ihrer Aggregationskraft gehorchte.

Bringt man auf die Oberfläche des in einem Glase enthaltenen Wassers einen Tropfen Olivenöl, so breitet er sich ein wenig aus, und nimmt eine cirkelrunde Gestalt an; bringt man hierauf etwas Weit-

Weitzenmehl nach und nach auf dieselbe, so wird man sehen, wie sich in dem Verhältnisse, als sich das Mehl ausbreitet, der Umfang des Oels verkleinert, und dieses sich in eine Blase zusammenzieht, die die Gestalt einer in Wasser aufgehangenen Kugel zeigt. Die stärkere Verwandtschaft des Mehls zu dem Wasser nöthigte also auch hier das Oel, ihm die ganze Oberfläche des Wassers abzutreten, welches in obiger Gestalt auf derselben zurückbleiben mußte, da es in ihr nicht zu Boden fallen konnte.

6. Es läßt sich für die Adhäsion oder Flächenanziehung eine ähnliche Skale oder Tabelle verfertigen, als für die chemische Anziehung, nach welcher einige Substanzen, die sich auf der Oberfläche des Wassers verbreiten, stärker von ihm angezogen werden als andere, welche folglich von jenen, wenn sie vorher derselben adhärirten, aus der Stelle getrieben werden. Diese Tafel ist zwar klein, aber nach Carradori's Versicherung zuverlässig. Fängt man von dem niedrigsten Grade der Flächenanziehung, welche die öligten Substanzen zu dem Wasser haben, an, so ist die Ordnung folgende:

Fixe oder fette Oele.

Mehl von Getreide oder Hülsenfrüchten.

Flüchtige Oele, oder milchartige Säfte der Pflanzen und vorzüglich der Wolfsmilch.

Man nehme ein Glas oder ein anderes Gefäß mit reinem Wasser, und bringe auf dieses etwas Olivenöl; dieß wird sich auf der Oberfläche desselben zum zartesten Schleyer ausdehnen. Hierauf werfe man einen kleinen Antheil Mehl von Weitzen oder

einem andern Getreide oder Hülsenfrucht darauf; man wird sogleich das Oel sich auf die Seite ziehen, und dem Mehl Platz machen sehen, welches statt seiner die Fläche des Wassers mit einem zarten Häutchen überzieht. Bringt man jetzt, wenn das Gefäß nicht zu klein ist, einen Tropfen flüchtiges Oel oder Wolfsmilch darauf, so wird sich dieser ausbreiten, und sowohl das Oel als das Mehl aus seiner Stelle treiben; letzteres wird bisweilen hierdurch in einen so kleinen Raum gebracht, daß es im Gefäß zu Boden fällt, welches nicht geschieht, wenn man zuvor Wolfsmilch auf das Wasser gebracht hat, und dann Weitzenmehl darauf schüttet u. s. w. Auch hat es ihm geschienen, daß der Grad der Adhäsion des Mehls nicht so verschieden von dem der flüchtigen Oele oder des Safts der Wolfsmilch an dem Wasser sey, als es der der fixen Oele von dem des Wolfsmilchsafts ist, indem alle milchartigen Säfte der Wolfsmilch und alle Mehlarten der Getreidesaamen und Hülsenfrüchte das Oel von der Oberfläche des Wassers zurücktreiben, die genannten Mehle aber sich etwas auf der Oberfläche des Wassers ausbreiten, die der Wolfsmilchsaft vorher eingenommen hat; umgekehrt aber der Wolfsmilchsaft weit stärker und schneller auf der von dem Mehl eingenommenen Wasserfläche sich verbreitet.

Außer vielen Folgerungen, welche Carradori aus diesen Thatsachen gezogen hat, bemerkt er vorzüglich, daß die Adhäsion nicht, wie Guyton-Morveau sagt, die erste Wirkung oder der erste Moment der chemischen Affinität sey. Es sey irrig, daß die Affinität ein Grad der Adhäsion sey, der fähig ist, Auflösungen hervorzubringen, und eben so unmöglich sey es, die Verhältnisse der Affinität, wie

Guy-

Guyton-Morveau meint, nach den Verhältnissen der Adhäsion zu schätzen; denn die fetten oder fixen Oele hätten weder Cohäsion noch chemische Anziehung, oder Wahlverwandtschaft, mit der Masse des Wassers, und doch habe man gesehen, daß sie sich auf dem Wasser mit einer unglaublichen Geschwindigkeit ausbreiten.

Nachtrag

zu

Gleichgewicht und Bewegung tropfbar flüssiger Körper.

(Oben S. 391.)

Nach Boyle hat man mehrere Arten von sogenannten Aräometern angegeben, und Mittel gezeigt, sie auf verschiedene Art zu graduiren. Verschiedene Arten von Salzwagen hat besonders Leupold [b]) beschrieben, deren Graduirung durch Versuche geschieht. Lambert [c]) hat aber die besten Untersuchungen darüber angestellt. Nach Beckmanns Urtheile läßt sich jedoch diese Art von Salzwagen in der Natur nicht wohl brauchen, weil mehrentheils die Salzsoole mit fremdartigen Bestandtheilen vermischt ist. Besser ließen sich solche Aräometer bey den Bierproben gebrauchen, wie sie auch Faggot [d]) für das schwedische Bier vorgeschlagen hat.

Auch hat man die Aräometer dadurch zu graduiren vorgeschlagen, daß man durch Versuche zwey feste

b) Theatr. ftatic. univerf. P. II. cap. 6.

c) Experiences fur les poids du fel et la gravité fpecifique de faumures faites et analyfées p. M. *Lambert* in Hift. de l'Acad. de Pruffe. an. 1762. T. 18. p. 27.

d) Schwed. Abhandl. überf. von Kästner. 1763. S. 49.

feste Punkte bestimme, und den Zwischenraum in gleiche Theile eintheile. Dergleichen hat Musschenbroek [e]) und Beaume [f]) angegeben. Allein dieser Vorschlag beruht auf keinen richtigen Gründen.

Wenn man auf einer einzigen Senkwage alle Abtheilungen haben wollte, welche das specifische Gewicht aller flüssigen Materien bis auf Tausendtheilchen anzeigen sollte, so müßte die Röhre sehr lang, und um deswillen sehr unbequem seyn. Daher haben lieber die Herren Brander und Höschel [g]) mehrere dergleichen Senkwagen verfertigt, wovon eine jede zu solchen flüssigen Materien eingerichtet ist, deren eigenthümliches Gewicht zwischen ein Paar Grenzen fällt. Gewöhnlich liefern diese beyden Herren sechs Senkwagen, wovon die eine für solche flüssige Materien bestimmt ist, deren specifische Gewichte dem specifischen Gewicht des Regenwassers sehr nahe kommen, und zwischen den Grenzen 0,983 und 1,018 fallen. Zwey andere Senkwagen dienen für flüssige Materien, die leichter als Wasser sind; die erstere giebt das specifische Gewicht $= 1$, und erstreckt sich bis zum specifischen Gewichte $= 0,928\frac{4}{7}$; mit diesem specifischen Gewichte fängt die andere an, und geht bis zum specifischen Gewichte $= 0,857\frac{1}{7}$. Noch sind zwey andere für solche flüssige Materien eingerichtet, welche ein größeres specifisches Gewicht als das Regenwasser haben. Die erstere fängt mit dem eigenthümlichen Gewichte $= 1$ an, und geht bis zum Gewichte

e) Introduct. ad philos. natur. T. II. §. 1384.

f) Avant-Coureur 1768. n. 45. 50. 51. 52. 1769. n. 2.

g) Beschreibung der neuen Spiegelquadranten nach Hadley's Theorie. Augsb. 1777.

te = 1,071$\frac{3}{7}$, hiemit geht die andere an, und erstreckt sich bis zum specifischen Gewichte = 1,143. Die sechste Wage ist besonders zur Salzsoole eingerichtet. — Wenn auch die theoretischen Gründe hierbey ihre völlige Richtigkeit haben, so erfordern doch diese Aräometer in der Ausübung, wenn die Abtheilung auf der Röhre allemal genau das specifische Gewicht in Vergleichung mit dem Regenwasser angeben soll, eine solche Einrichtung, daß ihre Röhren vollkommen cylindrisch sind, welches aber bey Glas so vollkommen nicht zu erhalten ist. Selbst die verbesserte Einrichtung solcher Aräometer, wie sie Herr Büsch [h]) angegeben hat, ist Fehlern unterworfen.

Eine weit vorzüglichere Methode, die Aräometer durch Veränderung ihrer Gewichte zu graduiren, lehrt Brisson [i]). Man setze das specifische Gewicht einer flüssigen Materie = γ, den geometrischen Raum, um welchen sich das Aräometer in ihr einsenkt, = v, und das Gewicht des Aräometers = p, so ist es natürlich, daß das Gewicht p verändert werden müsse, wenn das Aräometer im destillirten Wasser eben so tief als in jeder andern flüssigen Materie eingesenkt werden soll. Man setze also das specifische Gewicht des Wassers = g, in welchem das Aräometer ebenfalls um den Raum v sich einsenken soll, so hat man $\gamma : g = p : \frac{gp}{\gamma}$; und das Aräometer muß nun das Gewicht $\frac{gp}{\gamma}$ haben. Wäre die

h) Versuch einer Mathematik zum Nutzen und Vergnügen des bürgerlichen Lebens. 2ter Theil. Hamb. 1791. 8. Hydrostat. S. 49, u. f.

i) Dictionaire de physique; art. *Aréomètre.*

die flüssige Materie specifisch leichter als das Wasser, so muß auch $\frac{gp}{\gamma}$ größer als p seyn, und das Gewicht p muß um $\frac{gp}{\gamma} - p = \frac{(g-\gamma)p}{\gamma}$ vermehrt werden, wenn es sich im Wasser eben so tief als in der flüssigen Materie einsenken soll. Nähme man nun das specifische Gewicht des Wassers = 1000 an, und γ nach und nach 990, 980, 970, 960 u. s. f., so bekommt $\frac{(g-\gamma)p}{\gamma}$ nach und nach die Werthe $\frac{10}{990}p$; $\frac{20}{980}p$; $\frac{30}{980}p$; $\frac{40}{980}p$ u. s. f. Um nun nach diesen Gründen das Aräometer zu graduiren, wird auf folgende Art verfahren: man wägt das Aräometer genau ab, und taucht es in destillirtes Wasser, bemerkt alsdann an der Röhre, wie tief das Aräometer sich eingesenkt hat; hierauf vermehrt man das anfängliche Gewicht des Aräometers durch hinzugegossenes Quecksilber um $\frac{10}{990} = \frac{1}{99}$, und bemerkt auch hier an der Röhre, wie tief es sich eingesenkt hat; das hinzugegossene Quecksilber nimmt man alsdann wieder weg, schüttet zu dem anfänglichen Gewicht des Aräometers $\frac{20}{980} = \frac{1}{49}$ desselben, von dem Quecksilber hinzu, und bemerkt wiederum, wie tief das Aräometer sich eingesenkt habe u. s. w. Setzt man nach und nach an die eingesenkten Tiefen die Zahlen 990, 980, 970, 960 u. s. f. so ist das Aräometer von 10 zu 10 Graden richtig eingetheilt. Wollte man die Eintheilung für jeden Grad haben, so könnte man nur, ohne einen merklichen Fehler zu begehen, den Raum zwischen 10 und 10 in gleiche Theile theilen. Wären im Gegentheil die flüssigen Ma-

Materien specifisch schwerer als Wasser, so wird als-dann der Ausdruck $\frac{(g - \gamma)\, p}{\gamma}$ negativ, und das anfängliche Gewicht p müßte nun um $\frac{(\gamma - g)\, p}{\gamma}$ vermindert werden. Bliebe also g = 1000, und sollte die Eintheilung wie vorhin von 10 zu 10 Grad geschehen, so würde die Verminderung des Gewichts nach und nach $\frac{10}{1010}$, $\frac{20}{1020}$, $\frac{30}{1030}$ u. f. seyn. Zuletzt erhält das Aräometer sein anfängliches Gewicht p wieder.

Da aber die Verfertigung solcher Aräometer sehr mühsam ist, so hat Herr Prof. Schmidt[k]) in Gießen eine andere Einrichtung angegeben, und zugleich erwiesen, daß die Aräometer mit Skalen denen mit veränderlichen Gewichten weit nachstehen. Seine Vorschriften sind folgende: man verwandle den Raum des Aräometers nach dem bekannten Verhältnisse der untern Gefäße zu dem Raum des Halses, so weit nämlich die Ausdehnung der Skale reicht, in eine cylindrische Röhre von der Weite des Halses, trage die Länge dieser Röhre auf eine gerade Linie (fig. 58.) von b nach a, und bemerke zugleich die Länge des Halses bh. Auf die Endpunkte a und b dieser Linie errichte man die senkrechten Linien dg und ef. Von a nach d trage man eine Linie von so vielen gleichen Theilen von willkührlicher Größe, als man sich in dem Raume des ganzen Aräometers enthal-

k) Ueber die vortheilhafte Einrichtung eines Aräometers mit einer Skale, welches unmittelbar Prozente einer gemischten Flüssigkeit angeben soll; in Gren's neues Journ. d. Phys. B. III. S. 117. f.

halten vorstellt, z. B. 100, wenn die Skale hundert Theile, 1000, wenn sie tausend Theile des ganzen Raums angeben soll. Von diesen gleichen Theilen trage man noch so viel auf ag, als in der Ausdehnung der Skale enthalten sind. Durch alle Theilungspunkte der geraden Linie ag ziehe man mit ab parallele Linien, bis sie die Linie ef schneiden. Bey d schreibe man nun 0, bey a 100, u. s. f. auf ag 110, 120, 130 u. f. Eben diese Zahlen schreibe man bey den der Linie ef zugehörigen Theilungspunkten. Hierauf lege man ein Lineal an d und die Theilungspunkte 110, 120, 130 u. s. f. der geraden Linie bf, und bemerke die Durchschnittspunkte des Lineals mit der Linie ab, so geben diese die Grade der Skale des Aräometers bh an, welche den specifischen Gewichten 110, 120, 130 u. f. zugehören. Hierauf zeigt Herr Schmidt durch Rechnung, daß, wenn man drey Aräometer verfertigen wollte, wovon die Skale des erstern von 2,00 bis 1,50, des zweyten von 1,50 bis 1,00, und des dritten von 1,00 bis 0,70 gehe, der kleinste Grad dieser drey Aräometer $\frac{1}{4}$ Paris. Decimallinie, und der größte noch nicht zwey Linien betrage. Wollte man also bey gleicher Größe der Grade die Skale bis auf Tausendtheile genau haben, und doch die Länge der Aräometer nicht vergrößern, so müßte man statt drey, dreyßig solcher Aräometer verfertigen. Wenn man nun hiemit das von Herrn Schmidt verbesserte Fahrenheitsche, welches bald angegeben werden soll, vergleicht, so ist klar, daß zwey solche Fahrenheitsche eben das und noch mit größerer Schärfe angeben, was 30 Aräometer mit Skalen von ungefähr gleichen Dimensionen leisten, so gemein auch diese Art von Aräometern noch ist.

Fahrenheit hat mehrere Einrichtungen der Aräometer angegeben, wovon das gewöhnlichste dieses ist, welches auch den Nahmen des Fahrenheitschen allgemeinen Aräometers erhalten hat: an einer gläsernen Kugel (fig. 59.) b befindet sich eine kleinere mit etwas Quecksilber oder Bleyschrot beschwerte Kugel, und oben eine sehr dünne Röhre cd mit einer kleinen Schaale d, um kleine Gewichte hineinzulegen. Uebrigens ist an der dünnen Röhre ein Zeichen e gemacht. Wird nun dieses Werkzeug sorgfältig gewogen, und das Gewicht = p gefunden, so taucht man es zuerst in destillirtes Wasser, und legt in die Schaale so viel Gewichte hinzu, bis es an das Zeichen e eingetaucht ist; es wäre also das ganze Gewicht des Aräometers mit dem zugelegten = p + q, wenn das zugelegte mit q bezeichnet wird. Bringt man hierauf dieses Werkzeug in eine andere flüssige Materie, so nehme man an, man müsse noch das Gewicht P in die Schaale legen, damit es bis an das Zeichen e einsinke; alsdann werden sich die specifischen Gewichte des Wassers und der andern flüssigen Materie wie p + q : p + P verhalten. Wenn z. B. das Aräometer 500 Gran wiegt, und es müßten 56 Gran in die Schaale gelegt werden, damit es im Regenwasser bis e einsinke; in einer andern flüssigen Materie aber müßten 90 Gran in die Schaale gelegt werden, so verhalten sich die specifischen Gewichte beyder flüssigen Materien wie 500 + 56 : 500 + 90 = 556 : 590 = 1 : 1,061. Leutmann[1]) hat diese Einrichtung bloß dahin abgeändert, daß die zugelegten Gewichte durch die Röhre cd, welche zu dieser Absicht hohl seyn muß, hineingeworfen werden.

Eine

1) Comment. Petropol. T. V. p 273.

Eine neuere Einrichtung des allgemeinen Aräometers ist vom Herrn Prof. Schmidt in Gießen und Hofphysikus Ciarcy [m]) in Darmstadt angegeben. An dem hohlen birnförmigen gläsernen Gefäße (fig. 60.) a befindet sich das massive Stück Glas d, woran das unterwärts birnförmige gläserne Gefäß c geschmolzen ist. Oben an das Gefäß a ist ein dünnes massives Stück Glas ef angebracht, welches am Ende f eine Schaale zur Einlegung der Gewichte trägt. Unten bey der Spitze b wird anfänglich durch ein Loch in das birnförmige Gefäß c so viel Quecksilber eingegossen, daß das ganze Instrument genau 800 halbe Gran köllnisches Markgewicht wiegt. Das größte Gewicht, welches dieses Aräometer wiegen soll, ist 400 halbe Gran. Wird nun dieses Aräometer in destillirtes Wasser gebracht, (die Temperatur ist 15 Grad nach einem Quecksilberthermometer 80 grad. Eintheilung angenommen), so hat es diese Einrichtung, daß es sich bis an ein in g gemachtes Merkmal einsenke, wenn auf die Schaale f noch 200 halbe Gran gelegt werden; folglich beträgt das gesammte Gewicht $800 + 200 = 1000$ halbe Gran. Wenn man also dieses Aräometer in eine andere flüssige Materie bringt, so zeigt das hinzugelegte oder weggenommene Gewicht den Unterschied des specifischen Gewichts des Wassers und der andern flüssigen Materie an. Addirt man demnach das zugelegte Gewicht oder subtrahirt das hinweggenommene von 1000, so giebt die Summe oder die Differenz das specifische Gewicht der flüssigen Materie sogleich an. Dieses Aräo-

m) Beschreibung eines sehr bequem eingerichteten allgemeinen Aräometers in Grens Journal d. Physik. B. VII. S. 186. u. f.

Aräometer giebt das specifische Gewicht 800 bis 1200, oder, wenn man das specifische Gewicht des Wassers = 1 setzt, 0,8 bis 1,2 an; mithin kann es für alle Oele, geistige und flüssige Materien, und viele Salzsolutionen dienen. Für schwerere Salzauflösungen und Säuren verfertigt Herr Ciarcy nach eben den Grundsätzen ein anderes Aräometer, welches mit dem specifischen Gewichte von 1200 an bis über 2000 hinausgeht. In Regenwasser bis g versenkt treibt dieses Aräometer 500 Gran Wasser aus der Stelle. Nimmt man nun an, daß ein Rheinländ. Cubikzoll Wasser bey 15 Grad Wärme nach dem 80 graduirten Quecksilberthermometer $502\frac{11}{16}$ Gran wiegt, so nimmt das von 500 Gran verdrängte Wasser einen Raum von 0,9947 rheinländ. Cubikzoll ein. Folglich wird $\frac{1}{2}$ Gran, welcher auf die Schaale dieses Instruments gelegt wird, noch $\frac{1}{1000}$ davon, oder 0,0009947 Cubikzoll mehr Wasser aus der Stelle treiben. Da aber der Durchmesser des Halses an diesem Instrumente noch nicht $\frac{1}{20}$ Zoll, mithin der Flächeninhalt eines Querschnitts desselben $\frac{1}{400}$ beträgt, so muß sich dieses Instrument um mehr als 400 . 0,0009947 = 0,3979 Zoll tiefer einsenken. Gesetzt auch, es würde diese Bewegung um die Hälfte vermindert, so bleibt doch immer die Größe, um welche es sich, bey Beschwerung eines halben Grans, tiefer einsenkt, noch etwas über 0,2 Zoll; mithin eine Bewegung, die sehr gut wahrgenommen werden kann.

Herr Say [n]) hat eine ganz neue Einrichtung eines Aräometers erfunden, welche sich durch die Art, wie

n) Annales de chimie. an V. n. 67. p. 1 — 27. in Gilberts Annalen der Phys. B. II. S. 230. f.

wie damit das specifische Gewicht der Körper bestimmt wird, von allen übrigen wesentlich unterscheidet. Hiebey kommt der abzuwägende Körper mit keiner tropfbaren Flüssigkeit in Berührung, welches bey allen übrigen Aräometern geschehen muß, um dadurch das Gewicht eines mit dem Körper gleichen Volumens der Flüssigkeit zu finden, und man erhält dadurch den Vortheil, viele Stoffe, die bey solchen Berührungen verändert werden würden, mit Leichtigkeit zu behandeln. Die Stelle einer solchen Flüssigkeit vertritt hier die Luft, und das wesentliche dieser Einrichtung beruht darauf, das Volumen eines Körpers mittelst der Luftmasse, die er aus der Stelle druckt, zu messen.

Dieses neue Aräometer besteht aus einem weiten cylindrischen Gefäße (fig. 61.) a, worauf ein Deckel aus Spiegelglas m genau paßt, und aus einer dünnen Röhre b, die man von so gleichem Durchmesser, wie nur immer möglich, aussuchen muß. Der Rand des weitern Gefäßes ist abgeschliffen, damit es sich durch den Deckel, wenn er dünn mit Fett überzogen wird, luftdicht verschließen lasse. Auf die Röhre ist ihrer ganzen Länge nach eine doppelte Skale aufgeklebt. Die eine zeigt gleiche Abschnitte der ganzen Röhre; die andere die durch Versuche gefundene Capacität nach einem gewissen Maaße der Röhre bis zu jeder Höhe. Die letztere wäre überflüssig, wenn man eine durchaus gleichförmige Röhre haben könnte.

Beym Gebrauche versenkt man das Instrument bis auf bestimmte Höhen dieser Skalen in ein cylindrisches Gefäß, das unter einem kleinen Gerüste steht, und mit Quecksilber gefüllt ist. Das Instrument selbst hängt an einer Schnur, welche über eine Rolle des Gerüstes geschlagen wird. Ehe man es mit

der Deckplatte m verschließt, läßt man es bis zum Punkte c in das Quecksilber hinab, welches dann auch in der Röhre bis dahin steigt. Darauf deckt man das weitere Becken nn mit der Deckplatte m luftdicht zu, wo dann die darin eingeschlossene atmosphärische Luft vom jedesmaligen Gewichte der Atmosphäre zusammen gedruckt wird. Diesen Druck mißt die Barometerhöhe, welche durch α ausgedruckt seyn soll. Hierauf zieht man das Instrument an der Schnür bis zum Punkte e der Röhre in die Höhe. Da das Gefäß luftdicht verschlossen ist, so sinkt das Quecksilber in der Röhre nicht bis e, d. h. bis zur Fläche des übrigen Quecksilbers, hinab, sondern nur bis d, und diese Quecksilbersäule de, welche durch die gleichtheilige Skale an der Röhre gemessen wird, giebt an, um wie viel die in dem Instrumente eingeschlossene verdünnte Luft schwächer als die atmosphärische druckt. Die Luft im Innern des Instruments hat sich um den Inhalt der Röhre von c bis d ausgedehnt: dieser Raum cd, welcher γ bedeuten soll, wird durch die zweyte Skale gemessen.

Nach dem Mariotte'schen Gesetze verhält sich aber das Volumen einer luftförmigen Flüssigkeit verkehrt wie die Zusammendruckung. Ist also x das Volumen der Luft in der ersten Lage des Instruments, wo das Quecksilber bis c stand, so verhält sich $x : x + \gamma = \alpha : \alpha - de$, oder, wenn $de = \beta$ gesetzt wird, wie $\alpha : \alpha - \beta$, mithin wäre $\gamma = \frac{\beta x}{\alpha - \beta}$, und $x = \frac{(\alpha - \beta)\gamma}{\beta}$.

Hat man nun auf diese Art das Volumen der Luft im Gefäße bey einer darin stehenden Einsetzschale l gefun-

gefunden, so braucht man nur bey jeder Untersuchung des specifischen Gewichts eines Körpers den Körper in die Schale zu legen, das Instrument wieder in der ersten Lage, wo das Quecksilber bis c stand, luftdicht zu verschließen, und wenn man es in die andere Lage gebracht hat, nach der angegebenen Formel den Inhalt an Luft, der in der ersten Lage im Gefäße war, zu berechnen. In diesem Falle ist das Volumen der Luft um das Volumen des hineingelegten Körpers in Vergleichung mit dem ersten Falle vermindert worden. Folglich ist das Volumen des hineingelegten Körpers $= x - \frac{(\alpha' - \beta')\gamma'}{\beta'}$.

Es wird also mit diesem Aräometer nur eine einzige Operation erfordert, um das Volumen des Körpers zu finden; doch findet sich hiebey die Unbequemlichkeit, daß zur jedesmaligen Bestimmung von α' ein Barometer in der Nähe seyn muß. Um β und γ in der Formel $x = \frac{(\alpha - \beta)\gamma}{\beta}$ mit Genauigkeit zu finden, wird es gut seyn, mehrere Beobachtungen in verschiedenen Höhen zu machen, damit, wenn sie verschieden ausfallen, von allen das Mittel genommen werden kann.

Herr von Arnim o) hat gezeigt, wie dieses Aräometer ohne Barometerbeobachtungen gebraucht werden könne. Der Inhalt des leeren Gefäßes ac, oder $x = \frac{(\alpha - \beta)\gamma}{\beta}$ ist ein für allemal gefunden. In der Gleichung, durch welche das Volumen des eingeleg-

o) Gilbert's Annalen der Physik. Ebendas. S. 238. f.

gelegten Körpers bestimmt wird, $= x - \frac{(\alpha' - \beta')\gamma'}{\beta'}$ bedeutet α' den Stand des Barometers zur Zeit der Beobachtung, und dieser fehlt, wenn man nicht zugleich ein Barometer beobachtet. Um also die jedesmalige Barometerhöhe bloß mittelst des Say'schen Aräometers zu bestimmen, senkt man das Instrument nach der oben angeführten Art leer in das Quecksilbergefäß, und zieht es nach dem Verschließen heraus. Steht jetzt das Quecksilber wieder an demselben Punkte der Röhre bey d, wie bey den Versuchen, wodurch der Inhalt des leeren Instruments bis d, d. h. x, ein für allemal bestimmt wurde; so ist der jetzige Barometerstand α', mit dem bey jenen Versuchen α, derselbe, und also bekannt.

Gesetzt aber, der Quecksilberstand in der Röhre ce weiche nach dem Herausziehen von jenem Stande um $\pm dd' = \pm \delta$ ab, und die dazu gehörige Vermehrung des Volumens der Luft sey $= \mp \varepsilon$, so wird nach dem Mariotte'schen Gesetze sich verhalten $x + \gamma : x + \gamma + \varepsilon = \alpha' - \beta + \delta : \alpha - \beta$. Daraus folgt $\alpha' = \frac{(x + \gamma)(\alpha - \beta)}{x + \gamma \mp \varepsilon} + \beta \mp \delta$, oder

$$\alpha' = \frac{\alpha(x + \gamma) \mp \beta\varepsilon}{x + \gamma \mp \varepsilon} \mp \delta$$

Diese Formel ist zwar etwas zusammengesetzt, aber sie erspart die dazu nöthige, übrigens aber hinderliche, Verlängerung der Röhre ce, so wie die Fehler, die daraus entspringen können. Außerdem aber, sagt von Arnim, gebe sie Mittel an die Hand, uns dieses Instruments als eines Barometers zu bedienen, dem man bis auf 1 Linie so ziemlich trauen könne.

Tab. I.

MAY 24 1924

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
REFERENCE DEPARTMENT

This book is under no circumstances to be taken from the Building

form 410

Digitized by Google